مقدمة في

تكنولوجيا البترول والاقتصاد والسياسة

James G. Speight

ترجمة

د. عمار محمد سَلّو أحمد العبادي

الطبعة الإنجليزية:

James G. Speight
AN INTRODUCTION TO
PETROLEUM
TEGHNOLOGY,
ECONOMICS,
AND
POLITICS

رقم الإيداع : 2021/19933 م

الترقيم الدولى: 1 - 48 - 6723 - 977 - 978

دار حميثرا للنشر **الطبعة الاولى 2022**

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لدار حميثرا للنشر

لا يجوز استنساخ أو طباعة أو تصوير أي جزء من هذا الكتاب
أو اختزانه باي وسيلة إلا بإذن مسبق من الناشر.

التوزيع داخل جمهورية مصر العربية والسودان وشمال افريقيا ودول الخليج

جمهورية مصر العربية - القاهرة 26 ش شامبليون

ت : 01113664737 - 01007420665

البريد الالكترونى : Email : homysra@gmail.com

المحتويات

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

المُقَدِّمَةُ

تتصرف أسعار النفط الخام من مثل أي سلعة أخرى، ومع تقلبات كبيرة في الأسعار في أوقات نقص المعروض النفطي أو زيادة العرض النفطي، وقد تمتد دورة أسعار النفط الخام على مدى سنوات عدة وذلك استجابة للتغيرات في الطلب وكذلك في العرض، وفي الواقع فإنه يجب أن تأخذ اقتصاديات النفط في الاعتبار أنه مورد غير متجدد مُستنفد وأن تكلفة استخراج مورد غير متجدد لا تعتمد على معدل الإنتاج الحالي فحسب، ولكن تعتمد أيضاً على مقدار الإنتاج التراكمي، وأن السؤال المؤثر الذي يبقى دائماً يتعلق بعمر احتياطيات النفط الخام الحالية هو ما إذا كان هناك سنوات أو عقود من الاحتياطيات المتبقية.

يعتقد العديد من النُقاد أن توقعات نفاد النفط تستند إلى الجيولوجيا وليس إلى السعر، إذ يحتوي كل مكمن نفطي موجود على أكثر من نصف النفط الأصلي في مكانه - وأن العديد من هذه المكامن يحتوي على أكثر من ذلك . نحن نعلم أن هذه الموارد موجودة، وكذلك نعلم أين هي هذه المكامن وكيف يبدو النفط فيها، وأن الكثير من النفط الخام المتبقي محاصر في مسام صغيرة ولا يمكن استعادته أو استخلاصه عن طريق الضخ البسيط، وأن الإجراءات الأكثر تقدماً والمكلفة تُعد ضرورية لاستخراج النفط الخام.

هناك جانب آخر من اقتصاديات النفط الخام ألا وهو تكلفة التكرير، إذ يتطلب تكرير النفط الخام عالي الكبريت أيضاً نفقات أكبر للطاقة، وفي الواقع فإن الطاقة تمثل ما يقرب من نصف تكلفة المصفاة، كما أن موقع المصفاة يمثل متغيراً آخر، فكلما اقتربت المصفاة من مصدر النفط الخام والطلب انخفضت تكاليف النقل، وخلاف ذلك فإنه يجب أن تأخذ المصفاة في نظر الاعتبار التكلفة المضافة لإيصال المُنتجات النفطية إلى السوق . إن المتغير النهائي في اقتصاديات النفط الخام هو سعر النفط الخام إلى جانب جودته، إذ يمكن أن يكلف النفط الخام عالي اللزوجة والكبريت ما يصل إلى الثلث أقل من النفط الخام منخفض اللزوجة ومنخفض الكبريت، لكن مع ذلك فإنه نظراً لأن النفط الخام عالي الكبريت يتطلب مزيداً من المعالجة، فإن المصافي التي تشتري النفط الخام الرخيص بشكل أساس تتكبد نفقات ثابتة أكثر على المعدات والعمالة.

بعد عقود من النفط الخام المستقر - وحتى الرخيص - خلال الأرباع الثلاثة الأولى من القرن العشرين، أدت الاضطرابات الجيوسياسية في السبعينيات إلى ارتفاع سريع في أسعار النفط الخام، في السنوات الخمس الماضية (2006-2010)، ولقد تم تضخيم هذه الزيادات مع عملية النفط الخام لتصل إلى 147 دولار للبرميل في صيف عام 2008 ، وبعد ذلك بدا أن الأسعار قد استقرت عند نحو 80 دولار للبرميل، لكن مع ذلك فقد أدى عدم الاستقرار في داخل البلدان المُنتجة للنفط (وقت كتابة هذا التقرير هو مارس من عام 2011) إلى ارتفاع أسعار النفط الخام إلى مستوى يتجاوز 100 دولار للبرميل، وهناك آراء تقول إن ارتفاع الأسعار ليس سوى فقاعات تنفجر وتعود أسعار النفط إلى مستويات أدنى.

لكن مع ذلك فإن العديد من الاقتصاديين غير قادرين على شرح اقتصاديات تسعير النفط الخام دون اللجوء إلى الرياضيات المتقدمة، والنتيجة هي تطوير معادلات معقدة ليس من الصعب فهمها فحسب بل لا علاقة لها بالواقع، وفي الواقع عندما تتقلب أسعار النفط فإنه يتم التذرع بالتفسيرات وتبريرها، وباستخدام الجانب الرائع المتمثل في الإدراك المتأخر 20/20 مع القليل من التبصر أو حتى المعرفة بأساليب عمل الصناعة.

سيقدم هذا الكتاب للقارئ العوامل التي تؤثر في سعر النفط الخام بقدر ما تتضمن اقتصاديات النفط الخام مجموعة من عوامل عدة ليس أقلها:

1 - توافر النفط الخام من المكمن.

2 - كمية النفط الخام.

3 - استخراج النفط الخام.

4 - جودة النفط الخام.

5 - الجغرافيا السياسية.

يتضمن الكتاب أيضاً للقارئ تصنيف النفط واستخراجه وخصائصه التي لا يتم تضمينها عادة في الأعمال المتعلقة بالسياسة والاقتصاد، ولكنها جزء أساس من فهم أسعار النفط والسياسة.

Dr. James G. Speight
Laramie, Wyoming
March 2011

الفَصْلُ الأَوَّل

تاريخ النفط الخام ومصطلحاته

خلقت الجيولوجيا والزمن مكامن من النفط الخام (البترول) في أجزاء مختلفة من العالم، وحتى منتصف القرن التاسع عشر كانت هذه الثروة الهائلة غير المستغلة مخبأة في الغالب تحت سطح الأرض، ولقد تسرب البعض من النفط بشكل طبيعي إلى سطح الأرض وشكل بركاً ضحلة كانت تستخدم كمصدر للسوائل الطبية وزيت الإنارة، وبعد تبخر المكونات المتطايرة استخدم النفط لطلي القوارب وصناعة الأصماغ (Speight,2007)، ولعدة قرون كان الطلب عليه محدوداً، لكن تقنيات التكرير الأفضل والطلب المتزايد على الكيروسين ومواد التشحيم في أواخر القرن التاسع عشر غير من هذا الأمر.

إن النفط الخام هو المصدر الرئيس للوقود الذي يستخدمه الأفراد اليوم، ونظراً لكون أن النفط الخام سائل فإنه من السهل استخراجه عن طريق الحفر والضخ بدلاً من التنقيب، كما أنه من السهل نقله في الناقلات وخطوط الأنابيب، فقد أدى الارتفاع السريع في أسعار النفط الخام في السنوات الماضية إلى تعزيز الدعوات لتجديد المبادرات بشأن أمن الطاقة في البلدان المستوردة للنفط. في حين كان هناك تقارب في العوامل التي أسهمت في ارتفاع أسعار النفط الحالية، إذ ظهرت أساسيات العرض والطلب على النفط، ودور قوى المضاربة، والاختناقات الهيكلية في القطاع الصناعي باعتبارها مجالات الاهتمام الرئيسة.

ارتفع الطلب على البنزين ونواتج التقطير المتوسطة (بما في ذلك وقود الطائرات) بشكل كبير بينما أظهرت قدرة التكرير زيادة متواضعة فحسب إن وجدت، أدى هذا النمو في الطلب بالإضافة إلى الزيادة في طاقة التكرير إلى زيادة معدلات استخدام المصافي بشكل كبير وتقليص السوق النهائية، مما أثار مخاوف جدية بشأن فجوة العرض المحتملة في سوق النفط العالمية. إن هذه المشكلة سائدة بخاصة في الولايات المتحدة، إذ أدى انخفاض قدرة التكرير

الفائضة والمواصفات الصارمة للمنتجات النفطية إلى انخفاض المرونة في قطاع التكرير للتكيف مع التغيرات في أنماط الطلب الموسمية.

إن اقتصاديـات النفط يجب أن تأخذ في الحسـبان أنه مورد غير مُتجدد وناضب وأن تكلفة استخراج مورد غير متجدد لا تعتمد على معدل الإنتاج الحالي فحسـب ولكن أيضاً على مقدار الإنتاج التراكمي، إذ تتصرف أسعار النفط الخام من مثل أي سلعة أخرى ذات تقلبات كبيرة في الأسعار في أوقات النقص أو زيادة العرض، وقد تمتد دورة أسـعار النفط الخام على مدى سنوات عدة استجابة للتغيرات في الطلب وكذلك في العرض. يعتقد العديد من النقاد أن توقعـات نفاد النفط تسـتند إلى الجيولوجيا وليس السـعر، إذ يحتوي كل مكمـن نفطي على أكثر من نصف النفط الأصلي موجود في مكانه، وأن العديد من المكامن يحتوي على أكثر من ذلك الحجم، وأن هذه الموارد نعلم أنها موجودة فنحن نعرف أين هي وكيف يبـدو النفط، وأن الكثير من النفط الخام المتبقي محاصر في مسام صغيرة ولا يمكن استخراجه عن طريق الضخ البسيط، كما أن الإجراءات الأكثر تقدماً وتكلفةً هي ضرورية لاستخلاص هذا النفط.

هناك جانب آخر مـن اقتصاديات النفط الخام ألا وهو تكلفة التكرير، إذ يتطلب تكرير النفط الخـام عالي الكبريت أيضاً نفقات أكبر للطاقة، وفي الواقـع فإن الطاقة تمثل ما يقرب من نصف تكلفـة المصفاة، كما أن موقع المصفـاة يمثل متغيراً آخر، فكلمـا اقتربت المصفاة من مصـدر النفط الخام والطلب انخفضت تكاليف النقل، وخلاف ذلك فإنه يجب أن تأخذ المصفاة في نظر الاعتبار التكلفة المضافة لإيصال المنتجات إلى السوق. إن المتغير النهائي في اقتصاديات النفط الخام هو سعر النفط الخام إلى جانب جودة النفط الخام، إذ يمكن أن يكلف النفط الخام عالي اللزوجة والكبريت ما يصل إلى الثلث أقل من النفط الخام منخفض اللزوجـة ومنخفض الكبريت، لكن مع ذلك فإنـه نظراً لأن النفط الخـام عالي الكبريت يتطلب مزيـداً من المعالجة، فإن المصافي التي تشـتري النفط الخام الرخيص بشـكل أساس تتكبد نفقات ثابتة أكثر على المعدات والعمالة.

في حين أن هناك حاجة متزايدة لمعالجة هذه القضايا، إلا أن هناك حواجز وقيود أمام كبار السن العاملين في مجال النفط والمبتدئين على حد سواء وكذلك الاقتصادي، وغالباً ما تكون المصطلحات المستخدمة من قبل الصناعة مربكة للغاية لدرجة أن القضايا الناشئة والقضايا التي ينطوي عليها تسعير النفط وتسعير المنتجات النفطية تعد لغزاً. بالإضافة إلى ذلك فإن العديد من الاقتصاديين غير قادرين على شرح اقتصاديات أسعار النفط والمنتجات النفطية دون اللجوء إلى الرياضيات المتقدمة، والنتيجة هي تطوير معادلات معقدة يصعب فهمها في كثير من الأحيان، وبالنسبة للشخص التقني في الصناعة يبدو أنه لا علاقة له بما يفهمه من حيث خصائص النفط، ومن ثم فإنه من المناسب أن نبدأ هذا الكتاب بوصف الاستخدامات التاريخية للنفط الخام ولمصطلحات النفط الخام، مما يقود القارئ إلى فهم أفضل لمصطلحات النفط الخام والوسائل التي يتم وصفه بها.

1-1: وجهات نظر تاريخية

يُعد البترول واحداً من أهم المواد الخام المستخدمة في المجتمع الحديث من حيث أنه لا يوافر المواد الخام لتصنيع الوقود والطاقة فحسب، ولكن أيضاً المواد الأولية للبلاستيك والمنتجات الأخرى.

إن كلمة **البترول** المشتقة من الكلمة اللاتينية **بترا وأوليوم**، وهي تعني حرفياً النفط الصخري وتشير إلى الهيدروكربونات التي توجد على نطاق واسع في الصخور الرسوبية في شكل غازات أو سوائل أو مواد شبه صلبة أو مواد صلبة. من وجهة نظر كيميائية فإن البترول يُعد مزيجاً معقداً للغاية من مركبات الهيدروكربون، وعادة ما يحتوي على كميات قليلة من المركبات المحتوية على النيتروجين والأوكسجين والكبريت، فضلاً عن كميات مختلفة من المركبات المحتوية على المعادن (Speight, 2007).

يُقدم الوقود المشتق من البترول أكثر من نصف إجمالي إمدادات الطاقة في العالم، إذ يقدم البنزين والكيروسين وزيت الديزل وقوداً للسيارات والجرارات والشاحنات والطائرات والسفن، ويستخدم زيت الوقود والغاز الطبيعي في

تدفئة المنازل والمباني التجارية وكذلك لتوليد الكهرباء. إن المنتجات البترولية هي المواد الأساسية المستخدمة في صناعة الألياف الاصطناعية للملابس والبلاستيك والدهانات والأسمدة والمبيدات الحشرية والصابون والمطاط الصناعي، وأن استخدامات البترول كمصدر للمواد الخام في التصنيع هي أساسية لعمل الصناعة الحديثة.

إن البترول هو مورد قائم على الكربون، لذا فإن دورة الكربون الجيوكيميائية مهمة أيضاً لاستخدام الوقود الأحفوري من حيث تكوين البترول واستخدامه وتراكم ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ومن ثم فإن الاستخدام الأكثر كفاءة للبترول له أهمية قصوى، ولسوف تظل التكنولوجيا البترولية بشكل أو بآخر معنا حتى تتوافر أشكال بديلة مناسبة من الطاقة بسهولة(Boyle, 1996; Ramage, 1997) . لذلك فإن الفهم الشامل لفوائد البترول وقيود استخراجه ومعالجته هي أمر ضروري، ونأمل أن يتم تقديمه في صفحات هذا الكتاب. إن تاريخ أي موضوع هو الوسيلة التي يتم من خلالها دراسة الموضوع على أمل أن يمكن تعلم الكثير من أحداث الماضي، وفي السياق الحالي ، فإن حدوث واستخدام البترول والمشتقات البترولية (النفثا) والزيت الثقيل والقار ليس بالأمر الجديد، إذ تمت ممارسة استخدام البترول ومشتقاته في عصور ما قبل المسيحية وهو معروف إلى حد كبير من خلال الاستخدام التاريخي في العديد من الحضارات القديمة(Henry, 1873; Abraham, 1945; Forbes, 1958a, 1958b; James and Thorpe, 1994; Krishnan and Rajagopal, 2003)، ومن ثم فإن استخدام البترول وتطوير التكنولوجيا ذات الصلة ليس موضوعاً حديثاً كما نميل إلى الاعتقاد، لكن مع ذلك فإن صناعة البترول هي في الأساس صناعة القرن العشرين، ولكن لفهم تطور الصناعة فإنه من الضروري أن يكون لديك فهم موجز للاستخدامات الأولى للبترول.

كان وادي دجلة والفرات في ما يعرف الآن بالعراق مأهولاً منذ 4000 سنة قبل الميلاد من قبل الناس المعروفين بإسم السومريين، الذين أسسوا واحدة من أولى الثقافات العظيمة في العالم المتحضر. ابتكر السومريون

الكتابة المسمارية وقاموا ببناء أبراج المعبد المعروفة بإسم الزقورات وقانون مثير للإعجاب وأدب وأساطير، ومع تطور الثقافة فقد تم استخدام البيتومين bitumen أو الإسفلت asphalt بشكل متكرر في البناء وأعمال الزينة.

على الرغم من أنه من الممكن التمييز بين كلمتي **البيتومين** و**الإسفلت** في الاستخدام الحديث، فإن حدوث هذه الكلمات في النصوص القديمة لا يوافر من مثل هذا الاحتمال، ومن الجدير بالذكر أن الاستخدام المبكر للبيتومين كان في طبيعة الإسمنت cement لتأمين أو ربط أشياء مختلفة معاً، ومن ثم فإنه يبدو أنه من المحتمل أن الاسم نفسه كان معبراً عن هذا التطبيق.

إن كلمة الإسفلت مشتقة من المصطلح الأكادي **الإسفلت** asphalt أو **سفالو** sphallo ويعني الانقسام، تم تبنيه لاحقاً من قبل الإغريق الهومريون في شكل صفة ασφαλης تدل على شركة ، مستقرة ، آمنة ، والفعل المقابل ασφαλιζω ίσω يعني **جعله ثابتاً أو مستقراً وذلك للتأمين**. تماماً من مثل البيتومين، وأن أول استخدام للإسفلت من قبل القدماء كان في طبيعة الإسمنت لتأمين أو ربط أشياء مختلفة من مثل الطوب المستخدم في البناء، لذلك يبدو من المحتمل أن الاسم نفسه كان أيضاً معبراً عن هذا التطبيق. من اليونانية ، انتقلت الكلمة إلى اللاتينية (asphaltum, aspaltum)، ومن ثم إلى الفرنسية (asphalte) والإنجليزية (aspaltoun).

إن أصل كلمة البيتومين bitumen هي أكثر صعوبة في التتبع ويخضع أصلها لتكهنات كبيرة، فقد تم اقتراح أن تكون الكلمة قد نشأت في اللغة السنسكريتية Sanskrit، إذ نجد الكلمات جاتو jatu التي تعني القار pitch ، والجاتوكريت jatukrit تعني إنشاء القار pitch creating، ومن اللغة السنسكريتية فقد تم دمج كلمة jatu في اللغة اللاتينية كـ gwitu ويعتقد أنها أصبحت في النهاية gwitumen (المتعلقة بالقار). وكلمة أخرى هي pixturnen (نضح أو فقاعات القار) هي أيضا مشهورة بأنها كانت في اللغة اللاتينية، على الرغم من أن بناء صيغة الكلمة اللاتينية التي اشتُقت منها كلمة البيتومين هو مشكوك فيه بالتأكيد. هناك اقتراح بأن الاشتقاق اللاحق للكلمة أدى إلى

نســخة مختصرة التي أصبحت في النهاية النســخة الحديثة المسماة البيتومين bitumen ، ومن ثم انتقلت من الفرنسية إلى الإنجليزية. ومن الجذر نفسه يتم اشتقاق الكلمة الأنجلو ساكسونية cwidu (ماستيك mastic ، لاصقadhesive) و الألمانية kitt (الإسمنت cement أو الماستيكmastic) والكلمة المكافئة kvada التي توجد في اللغة الإسكندنافية القديمة old Norse باعتبارها وصفية للمواد المستخدمة في مقاومة الماء للسـفن الطويلة والسفن البحرية الأخرى، ومن المحتمـل أن تكون الكلمة مشـتقة مـن Celtic bethe أو beithe أو bedw التي كانت هي شـجرة البتولا birch tree التي اسـتخدمت كمصدر للصمغ، وتظهر الكلمة في اللغة الإنجليزية الوسـطى على أنهـاbithumen ، وباختصار توجد مجموعة متنوعة من المصطلحات في اللغة القديمة التي من اسـتخدامها الموصوف في النصوص يمكن اقتراحها على أنها تعني البيتومين أو الإسـفلت (Abraham, 1945).

باسـتخدام هذه الكلمات القديمة كدليل فإنه يمكننا تتبع اسـتخدامهم للبترول ومشتقاته كما هو موضح في النصوص القديمة، وكان تحضير مشتقات البترول ضمن مجال خبرة العلماء الأوائل منذ أن عُرف أن الخيمياء alchemy (الكيميـاء المبكرة) تتكون من أربعة إجـراءات فرعية: الذوبان dissolving والانصهار melting والجمع combining والتقطير distilling (Cobb and Gold (white, 1995).

توجد إشـارات مبكرة للبترول ومشتقاته في الكتاب المقدس، وعلى الرغم من أنه بحلول الوقت الذي كُتبت فيه أسفار الكتاب المقدس المختلفة فإنه كان قد تم استخدام البترول والبيتومين، ومن الواضح أن البيتومين ومشتقاته كانت من بنود التجارة. إن الأسـعار المدفوعة غير معروفة وربما تم تقديمها كإشادة بالمَلِك المحلي، لكن مع ذلـك فإنه على الرغم من القيم النقدية المفقودة فإن هذه الكتابات تقدم أمثلة موثقة لاستخدام وتجارة البترول والمواد ذات الصلة.

على سـبيل المثال : في ملحمة جلجامـش Gilgamesh التي كتبت منذ أكثر من 2500 عام، تسـبب طوفان عظيم في قيام البطل ببناء قارب مسـدود

بالبيتومين والقار (انظر على سبيل المثال في Kovacs1990)، وفي قصة ذات صلة عن بلاد ما بين النهرين وقبل الطوفان مباشرة ، أمر نوح ببناء فلك يتضمن أيضاً تعليمات لسد السفينة بالقار (Genesis 6:14):

(اصنع لك فلكاً من خشب الجوفر gopher، واصنع الغرف في الفلك، وضع القار في داخل الفلك وخارجه).

تم الإبلاغ عن وجود حفر الوحل (البيتومين) في وادي السديم Valley of Siddim (Genesis, 14:10)، وهو واد في الطرف الجنوبي للبحر الميت، وهناك أيضاً إشارة إلى استخدام القار كملاط عندما كان برج بابل قيد الإنشاء(Genesis 11:3):

(وقالوا بعضهم لبعض، اذهبوا، فلنصنع لبنة ونحرقها جيداً. وكان لديهم لبنة للحجر، وكانوا لهم ملاطاً من الطين).

في الترجمة السبعينية Septuagint (*)، أو النسخة اليونانية من الانجيل، تُرجم هذا العمل على هيئة إسفلت asphaltes، وفي النسخة اللاتينية Latin version أو الفولجيت Vulgate، تُرجم على هيئة بيتومين. في انجيل الأسقف لعام 1568 وفي الترجمات اللاحقة إلى الإنجليزية ، تُعطى الكلمة على أنها الوحل slime، وفي ترجمة دُوي Douay لعام 1600 هو البيتوم bitume، بينما في نسخة لوثر Luther الألمانية، يظهر كـ thon وهي الكلمة الألمانية للطين.

ومثال آخر على استخدام القار (والوحل) هو ما ورد في قصة موسى (Exodus 2:3) :

(وعندما لم تعد قادرة على إخفائه، أخذت له تابوتاً من نبات البردي، وطلته بالطين والقار، ووضعت الطفل فيه، ووضعته على السوسن البري على حافة النهر).

ربما كان الوحل عبارة عن بيتومين منخفض الذوبان (البيتومين الممزوج

(*) الترجمة السبعينية هي نسخة يونانية من الكتاب المقدس العبري (أو العهد القديم)، بما في ذلك الأبوكريفا Apocrypha المصنوع لليهود الناطقين باليونانية في مصر في القرنين الثالث والثاني قبل الميلاد وتبنته الكنائس المسيحية المبكرة.

بالمذيب) بينما كان القار مـــادة انصهار أعلى، وأحدهم (الوحل) يعمل كتدفق للآخـــر. إن الافتقـــار إلى الاســـتخدام الدقيق للكلمات الخاصـــة بالبيتومين والإســـفلت وكذلك القطران والقار حتى الآن يجعل من غير المحتمل معرفة الطبيعة الحقيقية للقطران والقار والوحل في الكتاب المقدس، ولكن يمكن للمـــرء أن يتخيل طبيعته، وفي الواقع فإنه حـــتى القواميس اللاتينية الحديثة تعطي كلمة البيتومين ككلمة لاتينية للإسفلت.

والأرجـــح أنه في كلتا الحالتين كان قد تم الحصـــول على القار والطين من تسرب النفط إلى السطح وهو أمر شائع إلى حد ما في المنطقة، وخلال العصور التوراتيـــة فإنه كان قد تم تصدير البيتومين مـــن كنعان إلى أجزاء مختلفة من البلدان المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط (Armstrong et al.,1997).

فيما يتعلـــق بالمنتجـــات الســـائلة فإن هنـــاك مرجع مثـــير للاهتمام (Deuteronomy, 32:13) لإخـــراج النفط من صخور الصوان، ولم يتم وصف الطبيعة الدقيقة للنفط ولا طبيعة الصخرة. يُشـــار أيضاً إلى اســـتخدام الزيت للمصابيـــح (Matthew, 23:3)، ولكن لا يُعرف ما إذا كان نفطاً معدنياً (أحد مشتقات البترول من مثل النفتا naphtha) أو ما إذا كان زيتاً نباتياً.

أشـــارت الحفريات التي أجريـــت في موهينجـــو- دارو Mohenjo-Daro وهارابا Harappa و نال Nal في وادي الســـند Indus Valley في الهند إلى وجود شـــكل متقدم من الحضارة هناك، ولقد تم العثور على معجون إسفلتي يتكون من خليط من الإســـفلت والطين والجبس والمـــواد العضوية بين جدارين من الطوب في طبقة يبلغ ســـمكها نحو 25 مم - ربمـــا تكون مادة مانعة لتسرب المياه، كما تم اكتشـــاف حوض اســـتحمام يحتوي على طبقة من الماستيك على السطح الخارجي لجدرانه وتحت أرضيته.

تم بناء المســـاكن في العصر البرونزي على أكـــوام في بحيرات قريبة من الشـــاطئ وذلك لحماية الســـكان بشـــكل أفضل من ويلات الحيوانات البرية وهجمـــات اللصوص، ولقد أظهرت التنقيبات أن الركائز الخشـــبية كان قد تم الحفـــاظ عليها من التعفن بطبقة من الإســـفلت، كما تـــم العثور على أعمدة

محفوظة بهذه الطريقة في سويسرا. هناك أيضاً إشارات إلى رواسب البيتومين في هيت (مدينة توتول Tuttul القديمة على نهر الفرات في بلاد ما بين النهرين) وقد تم نقل القار من هذه الرواسب إلى بابل لاستخدامها في البناء (Herodotus, The Histories, Book I)، وهناك أيضاً إشارة إلى قصة قرطاجية إذ يتم استخدام ريش الطيور الملطخ بالقار لاستعادة غبار الذهب من مياه البحيرة (Herodotus, The Histories, Book IV).

كان أحد أقدم الاستخدامات المسجلة للإسفلت هو من قبل سكان ما قبل البابليين في وادي الفرات في جنوب شرق بلاد ما بين النهرين وهو العراق الحالي المعروف سابقاً بإسم سومر وأكد ولاحقاً بابل (Thompson, 1936; Moorey, 1994). توجد في هذه المنطقة رواسب الإسفلت المختلفة وأصبحت استخدامات المواد واضحة، فعلى سبيل المثال تم وضع الملك سرجون ملك أكد (أغادي Agade 2550 قبل الميلاد) على غير هدى من قبل والدته في سلة من نبات البردي على مياه نهر الفرات، إذ اكتشفه أكي Akki الفلاح الذي قام بتربيته للخدمة كبستاني في قصر كيش، ولقد صعد سرجون في النهاية إلى العرش.

من ناحية أخرى فقد تم العثور على تمثال نصفي لمانيشتوسو Manishtusu وهو ملك كيش Kish الذي هو حاكم سومري مبكر (نحو 2270 قبل الميلاد) وذلك في أثناء أعمال التنقيب في سوسة Susa في بلاد فارس، والعينان مكونة من الحجر الجيري الأبيض ومثبتة في تجاويفهما بمساعدة البيتومين.

تم اكتشاف أجزاء من حلقة مكونة من الإسفلت فوق طبقة فيضان نهر الفرات في موقع مدينة أور Ur التي تعود إلى عصور ما قبل التاريخ في جنوب بابل، وهي تُنسب إلى السومريين نحو 3500 قبل الميلاد.

تتكون الزخرفة المستخرجة من قبر ملك سومري في أور من تمثال كبش محفور الرأس والأرجل من الخشب الذي تم لصق ورق الذهب فوقه بواسطة الإسفلت، وقد تم طلاء ظهر الكبش وجانبيه بالإسفلت الذي كان الشعر مغروسا فيه، ويتألف فن الزخرفة الآخر من ضرب شرائح رفيعة من الذهب

أو النحاس التي تم تثبيتها بعد ذلك في قلب معجون الإسفلت. كانت الطريقة البديلة هي ملء جسم معدني مصبوب بقلب من الماستيك الإسفلتي، ولقد تم اكتشاف من مثل هذه العينات في لكش Lagash ونينوىNineveh، كما كشفت الحفريات في تل الأسمر Tell-Asmar على بعد 50 ميلاً شمال شرق بغداد عن استخدام السومريين الإسفلت لأغراض البناء.

كما تم العثور على ملاط مكون من الإسفلت في الحفريات في أور و أوروك Uruk و لكش، ولقد كشفت الحفريات في الخفاجي Khafaje عن أرضيات مكونة من طبقة من الإسفلت تم تحديدها على أنها أسفلت وحشو معدني (طمي وحجر جيري وطين) وألياف نباتية (قش). أظهرت الحفريات في مدينة كيش Kish (بلاد فارس) في قصر الملك أور نينا Ur-Nina أن الأساسات كانت تتكون من الآجر المرصع مع الملاط الإسفلتي. وبالمثل فإنه في مدينة نيبور Nippur القديمة (نحو 60 ميلاً جنوب بغداد) تظهر الحفريات تراكيب سومرية مكونة من أحجار طبيعية مرتبطة ببعضها البعض بملاط إسفلتي، كما كشفت أعمال التنقيب عن معبد سومري قديم تتكون أرضياته من طوب محترق مدمج في معجون الإسفلت الذي لا يزال يظهر انطباعات من القصب كان يجب أن يكون مختلطاً به في الأصل.

تشير ملحمة جلجامش التي كتبت قبل 2500 عام قبل الميلاد ونُسخت على ألواح من الطين في عهد آشور بانيبال Ashurbanipal ملك أشور Assyria 668) إلى 626 قبل الميلاد) إلى استخدام الإسفلت لأغراض البناء، وفي اللوح الحادي عشر يروي أوت نبيشتيم Ut-Napishtim قصة الطوفان البابلي المعروفة جيداً، مشيراً إلى أنه "لطخ" داخل قارب بستة sar من الكوبرو والجزء الخارجي بثلاثة sar... "ربما يعني كوبرو أن تم خلط الزفت أو القار بمواد أخرى (ربما حتى مذيب من مثل نواتج التقطير من البترول) لإضفاء مظهر الوحل كما هو مذكور في الانجيل.

من حيث القياس فإن كلمة sar هي كلمة من أصل مختلط ويبدو أنها تعني سلة منسوجة أو مصنوعة من الخيزران، وأن الترجمة التقريبية هي: تم تلطيخ

الجزء الداخلي من القارب بستة سلال مليئة بالقار وتم تلطيخ الجزء الخارجي من القارب بثلاث سلال مليئة بالقار، وهناك أيضاً مؤشرات من هذه النصوص على أن الماستيك الإسفلتي تم بيعه بالحجم، أو بواسطة gur. من ناحية أخرى فإن البيتومين كان يباع بالوزن- بالمينا mina أو الشيكل shekel ولا يوجد سعر مسجل له على الرغم من أن كلمة شيكل غالباً ما تُستخدم للإشارة إلى نوع معين من العملات وكذلك وزن السلعة، وفي الواقع يبدو أن استخدام البترول في التسربات والبيتومين من رواسب رمال القار السطحية قد تم استخدامه على نطاق واسع ومن المحتمل جداً أن تكون هناك تجارة جاهزة للمواد الخام وأن المنتجات المصنوعة من البترول والبيتومين تم النظر إليها بالفعل على أنها السلع الأساسية (Barton, 1926; Sperber 1976; Steinsaltz, 1977; Stern et al, 2007)، وأن هذا الوضع لم يحدث مرة أخرى حتى الثمانينات من القرن الماضي (الفصل الخامس).

على سبيل المثال كان قد تم توثيق استخدام الإسفلت من قبل البابليين (1500 إلى 538 قبل الميلاد) أيضاً، وفي الواقع كان البابليون ضليعين في فن البناء وكان كل ملك يحتفل بذكرى عهده ويديم اسمه من خلال تشييد مبنى أو نصب تذكاري آخر. وقد لوحظ استخدام ماستيك البيتومين كمادة مانعة للتسرب لأنابيب المياه وصهاريج المياه وأنابيب التدفق الخارجة من مراحيض التدفق للمدن من مثل بابل ونينوى وكالح Calah وأور، ولا تزال خطوط البيتومين واضحة حتى يومنا هذا (Speight, 1978).

تم استخدام البيتومين كملاط منذ العصور المبكرة وتم استخدام الرمل أو الحصى أو الطين في تحضير هذه المعاجين، وغالباً ما تستخدم جذوع الأشجار المكسوة بالإسفلت لتقوية زوايا الجدران والمفاصل، على سبيل المثال في برج معبد نينماش Ninmach في بابل، وفي الأقبية أو الأقواس تم استخدام مركب الماستيك- الطمي كملاط للطوب، وعادة ما يتم غمس حجر الزاوية في الإسفلت قبل وضعه في مكانه. تم إدخال استخدام الملاط البيتوميني إلى مدينة بابل من قبل الملك حمورابي Hammurabi ، ولكن تم التخلي عن استخدام

الملاط البيتوميني في نهاية عهد نبوخذ نصر Nebuchadnezzar لصالح الملاط الجيري الذي أضيف إليه كميات متفاوتة من الإسفلت، ولقد أوصى الآشوريون باستخدام الإسفلت للأغراض الطبية وكذلك لأغراض البناء، وهناك البعض من المزايا في حقيقة أن الشريعة الأخلاقية الآشــورية أوصت بصب الإسفلت في الحالة المنصهرة على رؤوس الجانحين والمجرمين.

يشير الكاتب الروماني بليني Pliny أيضاً إلى أنه يمكن استخدام البيتومين لوقف النزيف وشــفاء الجــروح وإبعاد الثعابين وعلاج إعتام عدســة العين بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من الأمــراض الأخرى وتصويب الرموش التي تزعج العينين، ويمكن للمرء أن يقدّر اســتخدام البيتومين لوقف النزيف، ولكن اســتخدامه لعلاج الأمراض الأخرى هو أمر مشكوك فيه ويجب على المرء أن يفكر في العوامل الأخرى التي يتم استخدامها بالتزامن مع البيتومين. كان المصريون أول من تبنى تحنيط حكامهم الموتى ولف الجثث بالقماش، فقبل 1000 عام قبل الميلاد كان الإســفلت نادراً ما يســتخدم في التحنيط، باستثناء تغطية أغلفة القماش ومن ثم حماية الجســم مــن العوامل الجوية، وبعد إزالة الأحشــاء تمتلئ التجاويف بمزيج من الراتنجــات والتوابل، وتغُمر الجثة في حمام من البوتاس أو الصودا، وتجفف ويتم لفها أخيراً. منذ 500 عام إلى نحو 40 عام قبل الميلاد كان الإســفلت يستخدم بشكل عام لملء تجاويف الجثة وتغطية أغلفــة القماش، ولقد ظهرت كلمــة *mûtnûia* لأول مــرة في الأدب العربي والبيزنطي نحو 1000 عام بعد الميلاد، مما يدل على البيتومين، ويُعتقد أن انتشار الإمبراطورية الإسلامية هو من جلب العلم العربي واستخدام القار إلى أوروبا الغربية.

يُعتقد أن مصطلح البيتومين في اللغة الفارســية كان قد اكتســب معنى مكافئاً لشمع البارافين الذي قد يكون من أعراض طبيعة البعض من الزيوت الخــام في المنطقة، وبدلاً من ذلــك فإنه من الممكن أيضــاً أن ينتج التقطير الاتلافي للقار لإنتــاج طبقة بارافينات تبلورت من الخليط بمرور الزمن، وفي السريانية يشير مصطلح البيتومين إلى المواد المستخدمة في التحنيط، وفي مصر

كان قد تم استخدام الراتنجات على نطاق واسع لأغراض التحنيط حتى العصر البطلمي Ptolemaic عندما بدأ استخدام الإسفلت تدريجياً.

قام الطبيب العربي آل ماجور Al Magor باستخدام المومياء Mûmûia في الوصفات الطبية لعلاج الكدمات والجروح في وقت مبكر من القرن الثاني عشر، وسرعان ما أصبح إنتاجها صناعة خاصة في الإسكندرية، ولقد ألمح العالم القزويني Al-Kazwînî إلى الخواص العلاجية للمومياءات، وقدم ابن البيطار Ibn Al-Baitâr سرداً لمصدرها وتكوينها. يقدم إنجلبرت كامفر Engelbert Kämpfer (1651-1716) في أطروحته Amoenitates Exoticae وصفاً مفصلاً لتجمع المومياء mûmûia، ومختلف الدرجات والأنواع وخصائصها العلاجية في الطب. ونظراً لأن المعروض من المومياوات كان محدوداً فقد ظهرت وسائل أخرى رائجة، إذ كانت جثث العبيد أو المجرمين مملوءة بالإسفلت ومكتظة، وشيخوخة مصطنعة في الشمس، وقد استمرت هذه الممارسة حتى قام الطبيب الفرنسي جاي دي لا فونتين Guy de la Fontaine بكشف الخداع في عام 1564.

تظهر العديد من الإشارات الأخرى إلى البيتومين في جميع أنحاء الإمبراطورية اليونانية والإمبراطورية الرومانية، ومنذ ذلك الحين إلى العصور الوسطى كان قد ألمح العلماء الأوائل كثيراً إلى استخدام البيتومين. وفي أوقات لاحقة يُنسب إلى كل من كريستوفر كولومبوس Christopher Columbus والسير والتر رالي Sir Walter Raleigh (اعتماداً على بلد منشأ كاتب السيرة الذاتية) اكتشاف رواسب الإسفلت في جزيرة ترينيداد ويبدو أنهما استخدما المواد لسد سفنهم.

كما تم توثيق استخدام البترول في الصين، وفي وقت مبكر من عام 600 قبل الميلاد تم العثور على النفط عند التنقيب عن الملح وذكر البترول كشوائب في الملح في وثائق القرن الثالث الميلادي (Owen, 1975)، يُفترض أن البترول الملوث للملح قد يكون مشابهاً لذلك الموجود في ولاية بنسلفانيا ومن ثم فإنه كان من النوع التقليدي أكثر من النوع الثقيل.

كان هنـــاك أيضاً اهتمام بالمُنتَج الحراري للبـــترول (النفطا nafta ، النفثا naphtha) عندمـــا تم اكتشـــاف أن هذه المادة يمكن اســـتخدامها كمنارة وكمكمل للإســـفلت الحارق في الحرب، فعلى سبيل المثال كان هناك سجلات لاســـتخدام مزيج من القار و / أو النفثا مع الكبريت كســـلاح حرب في أثناء معركـــة بالاتيا Palatea - اليونان في عام 429 قبل الميلاد (Forbes, 1959)، وهناك إشـــارات إلى استخدام مادة ســـائلة هي النفط naft (يُفترض أنه الجزء المتطاير من البترول الذي نسميه الآن النفثا naphtha وهو يستخدم كمذيب أو كسلعة للبنزين كمادة حارقة خلال المعارك المختلفة في عصر ما قبل المسيحية (James and Thorpe, 1994) ، وهذا هو ما يسمى بالنار اليونانية Greek fire وهي مقدمة وابن عم كيميائي للنابالم napalm. كما تم تســـجيل النار اليونانية على أنها استخدمت في الفترة 674 إلى 678 م عندما تم إنقاذ مدينة القسطنطينية Constantinople باستخدام الحريق ضد الأسطول العربي (Davies, 1996)، وفي الفترة من 717 إلى 718 م كان قد تم اســـتخدام النار اليونانية مرة أخرى لإنقاذ مدينة القســـطنطينية من هجوم من قبل أســـطول عربي آخر، ومرة أخرى مع تأثير مميت (Dahmus, 1995)، كما أن البحرية البيزنطية المكونة من ثلاثمائة ســـفينة ثلاثية المجاديف اســـتخدمت النار اليونانية بشكل متكرر ضد جميع القادمين (Davies, 1996)، وربما يمثل هذا أول اســـتخدام موثق لمشـــتقات البترول المتطايرة التي أدت إلى استمرار الاهتمام بالنفط.

كانت النـــار اليونانية عبارة عن ســـائل لزج يشـــتعل عند ملامســـته للماء ويرش من جهاز يشـــبه المضخة على العـــدو، ويمكن للمرء أن يتخيل المستخدمين الأوائل للنار وهم يحاولون إشعال السائل قبل قذفه نحو العدو.

لكن مع ذلك فـــإن المخاطر التي يمكن تخيلها لمن مثل هذه التكتيكات يمكن أن تصبح حقيقية للغاية، وربما قاتلة في كثير من الأحيان لمســـتخدمي النار اليونانية إذا حدث أي انسكاب قبل إطلاق النار باتجاه العدو. من المحتمل أن تكون التقنية اللاحقة لاستخدام النار اليونانية قد تضمنت مادة كيميائية مولدة للحرارة من مثل الجير الحي(Cobb and Gold white, 1995) (CaO) التي

تم تعليقها في السائل والتي عند ملامستها للماء تنتج $Ca(OH)_2$ وتطلق حرارة كانت كافية لإشعال السائل، ويمكن للمرء أن يفترض أن مستخدمي النار كانوا حذرين للغاية في أثناء فترات المطر أو في البحر وفي فترات الطقس المضطرب.

بالإضافة إلى ذلك فقد تم توثيق استخدام مسحوق الجير في الحروب، إذ استخدمه الإنجليز ضد الفرنسيين في 24 أغسطس من عام 1217 مع آثار كارثية على الفرنسيين، كما كان معتاداً في ذلك الوقت كان هناك اختلاف في الرأي بين الإنجليز والفرنسيين مما أدى إلى اجتماع سفنهم في الطرف الشرقي للقنال الإنجليزي. قبل حدوث أي شكل آخر من أشكال الاشتباك تم إلقاء الجير من السفن الإنجليزية وحملته الريح إلى السفن الفرنسية، حيث اتصل بأعين البحارة الفرنسيين، كان الإحساس بالحرق في العيون أكثر من اللازم بالنسبة للبحارة الفرنسيين وساد الإنجليز مع الاستيلاء على الكثير من الغنائم (Powicke, 1962).

كانت خصائص احتراق القار (وأجزاءه) معروفة في العصور التوراتية، فهناك إشارة إلى هذه الخصائص (Isaiah, 34:9) عندما يذكر:

> (فيصير مجراه زفتاً وترابه كبريتاً وتصير أرضه زفتاً متقداً.
> لا يطفأ ليلاً ولا نهاراً. الى الابد يصعد دخانها. من جيل الى
> جيل يكون خراباً. لا أحد يمر بها إلى الأبد وإلى الأبد).

قد يتخيل المرء أن آثار حرق البيتومين قبل 2000 عام تقريباً، إذ طور العلماء العرب طرائق لتقطير البترول التي تم إدخالها إلى أوروبا عن طريق إسبانيا. يمثل هذا استخداماً موثقاً آخر لمشتقات النفط المتطايرة التي أدت إلى استمرار الاهتمام بالبترول ومشتقاته كمواد طبية وحربية، بالإضافة إلى مواد البناء المعتادة.

ذكر ماركو بولو Marco Polo أيضاً من عام 1271 إلى 1273 أن منطقة باكو Baku في شمال بلاد فارس لديها صناعة بترولية تجارية راسخة، ويُعتقد أن الاهتمام الأساس كان في جزء الكيروسين kerosene الذي كان معروفاً بعد ذلك لاستخدامه في الإنارة، ومن خلال الاستدلال يمكننا استنتاج أن التقطير

وربما التحلل الحراري للبترول كان يُعد من التقنيات الراسخة، فإذا لم يكن الأمر كذلك فقد تحتوي مذكرات بولو على وصف لـلهدوء أو ردود الأفعال.

بالإضافة إلى ذلك فقد تم فحص البيتومين في أوروبا خلال العصور الوسطى (Bauer, 1546,1556)، وتم وصف فصل المنتجات البيتومينية وخصائصها بدقة. استمرت التحقيقات الأخرى مما أدى إلى فهم جيد لمصادر هذه المواد واستخداماتها حتى قبل ولادة صناعة البترول الحديثة (Forbes, 1958a, 1958b).

هناك أيضاً سجلات لاستخدام الروح البترولية فلربما يكون جزء الغليان أعلى من النفثا naphtha الذي يشبه إلى حد كبير البارافين السائل في العصر الحديث للأغراض الطبية، وفي الواقع فقد استمر وصف البارافين السائل حتى العصر الحديث، ولقد تم الحصول على النفثا في ذلك الوقت من الآبار الضحلة أو عن طريق التقطير الاتلافي للاسفلت. يمكن تشبيه عملية التقطير الاتلافي بعمليات الطبخ الحديثة التي يكون الهدف العام فيها تحويل المادة الأولية إلى نواتج التقطير لاستخدامها كوقود، ولقد استمر هذا الاهتمام الخاص بالنفط ومشتقاته مع الاهتمام المتزايد بالنافتا nafta (النفثا naphtha) وذلك نظراً لاستخدامه المذكور سابقاً للإنارة وكمكمل للحرائق الإسفلتية لاستخدامها في الحروب.

أخيراً فإنه لا رغبة في حذف استخدام البيتومين (وربما الاعتراف به كسلعة قابلة للتداول)، وفي الأمريكتين كان قد جمعته شعوب أمريكا الوسطى قبل الإسبان وعالجته واستخدمته في أعمال الزخرفة، وكذلك استخدمته كمادة مانعة للتسرب ومادة لاصقة (Wendt and Lu, 2006). من بين أوائل الأشخاص الذين قاموا بذلك كان شعب الأولمك Olmec (الذي ازدهر من 1200 إلى 500 قبل الميلاد) في الأراضي المنخفضة الساحلية الجنوبية في المكسيك. فضلاً عن ذلك فإن التحليلات الجيوكيميائية للقار من مواقع أولمك الأثرية تشير إلى شبكة مشتريات متعددة تعكس التجارة الواسعة والتفاعلات بين

المجموعات المختلفة، ويُعتقد أيضاً أن معالجة البيتومين كانت نشــاطاً منظماً ومتخصصاً يتضمن مراحل إنتاج متعددة (Wendt and Cyphers, 2008).

إن الاســتمرار في من مثل هذه المراجع هو خارج نطاق هذا الكتاب على الرغــم من أنها تعطي لمحة عن الاهتمام المتنامي بالبترول، لكن مع ذلك فإنه يكفي أن نلاحظ أن هناك العديد من الإشارات الأخرى إلى حدوث واستخدام البيتومين أو المشــتقات البترولية حتى بداية صناعة البترول الحديثة (Cook and Despard، 1927، Mallo wan and Rose، 1935، Nellensteyn and Brand، 1936، Mallowan، 1954، Forbes، 1958a، 1958b، 1959،1964، Marschner et al، 1978).

باختصار فقد لوحظ استخدام البترول والمواد ذات الصلة منذ ما يقرب من 6000 عام، وخلال هذا الوقت كان قد تطور اســتخدام البترول من الاستخدام البسيط نسبياً للاسفلت من مواقع التسرب في بلاد ما بين النهرين إلى عمليات التكرير الحالية الــتي تنتج مجموعة متنوعة من المنتجــات والبتروكيماويات (Speight,2007).

1-2: وجهات نظر حديثة

بدأت صناعة البترول الحديثة في الســنوات الأخيرة من خمسينات القرن التاسع عشر باكتشافها في عام 1857 وتسويقها في بنسلفانيا Pennsylvania في عام 1859 (Bell, 1945)، يمكن القول أن عصر التكرير الحديث كان قد بدأ في عام 1862 مع الظهور الأول لوحدة تجارية لتقطير البترول (Speight,2007) (الفصل الخامس).

حصل بنجامين ســيليمان الأب Benjamin Silliman Sr على شــهادة في القانون، لكنه كان مؤهلاً أيضاً للجيولوجيا كما كان ليكون أســتاذاً للكيمياء في جامعة ييلYale ، ولقد ازدهر مــشروع الجيولوجيا وبحلول عام 1820، كان هناك طلب كبير على ســيليمان للرحلات الميدانيــة التي اصطحب فيها ابنه بنيامين سيليمان الابن Benjamin Silliman Jr. عندما تقاعد سيليمان الأب في عام 1853 تولى ســيليمان الابن حيث توقف الأب كأستاذ الكيمياء العامة

والتطبيقيـــة في جامعة ييل (هذه المرة ، بدرجة علمية في هذا الموضوع)، وبعد كتابته لعدد من كتب الكيمياء وانتخابـــه في الأكاديمية الوطنية للعلوم فقد تولى سيليمان الابن مناصب استشـــارية مربحة مع شركة بوسطن سيتي ووتر Boston City Water ومختلف شركات التعدين.

طلب منه أحد المتعاملين معه في عام 1855 إجراء بحث وتقديم تقرير عن عدد من العينات المعدنية من شركة نيو بنسلفانيا روك أويل New Pennsylvania Rock Oil، وبعد أشـــهر عدة من العمل أعلن سيليمان الابن أن نحو 50% من المادة الشـــبيهة بالقار الأسود يمكن تقطيرها في زيوت حرق من الدرجة الأولى (التي ستسمى في النهاية الكيروسين والبارافين) وأن 40% إضافية مما تبقى يمكن تقطيرها لأغراض أخرى من مثل التشحيم وضوء الغاز.

مع الاســـتحواذ على زيت الإضاءة الأصلي (زيت الحوت) الذي شهد طلباً متزايـــداً وأصبح الحصول عليه أكثر خطورة، وبنـــاءً على هذا التقرير فقد تم إطـــلاق شركة لتمويل حفر بئر دريك Drake Well في أويل كريك Oil Creek - بنسلفانيا، وفي عام 1857 أصبحت أول بئر تنتج البترول. سوف تمر خمسون عاماً أخرى قبل أن تشير إشارة سيليمان الابن إلى الأجزاء الأخرى المتوافرة من النفط من خلال التقطير الإضافي إلى توفير البنزين لمحرك الاحتراق في السيارة الأولى، لقد غير تقرير سيليمان الابن العالم لأنه أتاح شكلاً جديداً تماماً من وسائل النقل وساعد في تحويل الولايات المتحدة إلى قوة صناعية عظمى، لكن لنعد الآن إلى الماضي.

بعـــد الانتهاء من حفر البـــئر الأولى من قبل إدويـــن دريك فقد تم تأجير المناطق المحيطة على الفور وتم إجراء عمليات حفر واســـعة النطاق، ولقد زاد إنتاج النفط الخام في الولايات المتحدة من نحو 2000 برميل(*) في عام 1859 إلى ما يقرب من 3,000,000 برميل في عام 1863 ونحو 10,000,000 برميل في عام 1874. في عام 1861 تم إرســـال الشـــحنة الأولى من النفط ، المحتواة في براميل خشبية

(*) (البرميل الواحد = 42 جالون أمريكي = 35 جالون إمبراطوري = 5.61 قدم مكعب = 158.8 لتر)

عبر المحيط الأطلسي إلى لندن، وبحلول سبعينات القرن التاسع عشر أصبحت المصافي وعربات الخزانات وخطوط الأنابيب سمات مميزة للصناعة، ومعظمها من خلال قيادة شركة Standard Oil التي أسسها جون روكفلر (جونسون ، 1997)، وخلال الفترة المتبقية من القرن التاسع عشر كانت الولايات المتحدة وروسيا المنطقتين اللتين حدثت فيهما التطورات الأكثر لفتاً للانتباه.

عند اندلاع الحرب العالمية الأولى في عام 1914 كان المنتجان الرئيسان للنفط هما الولايات المتحدة وروسيا، ولكن تم الحصول على إمدادات النفط أيضاً من إندونيسيا ورومانيا والمكسيك، وخلال عشرينات وثلاثينات القرن العشرين، تركز الاهتمام أيضاً على مجالات أخرى لإنتاج النفط من مثل الولايات المتحدة والشرق الأوسط وإندونيسيا. في هذا الوقت لم تكن البلدان الأوروبية والأفريقية تعتبر من المناطق الرئيسة المنتجة للنفط. في حقبة ما بعد عام 1945 استمرت بلدان الشرق الأوسط في الارتفاع في الأهمية بسبب الاكتشافات الجديدة للاحتياطيات الهائلة، على الرغم من أن الولايات المتحدة لا تزال تُعد أكبر منتج إلا أنها كانت أيضاً المستهلك الرئيس وليست المُصَدِر الرئيس للنفط.

يأتي ما يقرب من 20% من الإنتاج المحلي في الولايات المتحدة من الآبار الحدية وهي الأكثر عرضة للأسعار المنخفضة، ولقد انخفض الإنتاج المحلي منذ عام 1998 إلى نحو 5.5 مليون برميل/ يوم مع استيراد ضعف هذه الكمية تقريباً، وفي هذا الوقت بدأت شركات النفط تتجول في مناطق أبعد بحثاً عن النفط، ونتيجة لذلك كانت هناك اكتشافات مهمة في العديد من البلدان.

3-1: شركات النفط

يُقصد بمصطلح شركة النفط بأنه شركة تتعامل مع التنقيب عن النفط واستخراجه وتكريره، فضلاً عن ذلك في الولايات المتحدة فإن مصطلح "شركة نفط كبيرة" يُفهم على أنه يعني شركات النفط الدولية الخاصة الكبرى التي يوجد مقرها بشكل كبير في أوروبا أو أمريكا الشمالية (Pirog, 2007).

لكـــن مع ذلك فإنه في حـــين أن البعض من هذه الـــشركات هي بالفعل مـــن بين أكبر الشركات في العالم من خلال العديـــد من المقاييس المهمة، فإن غالبية شركات النفط الكبرى هي مملوكة للدولة وشركات نفط وطنية. وبحسب التعريفات التقليدية تمتلك شركات النفط الوطنية غالبية احتياطيات النفط وتنتج غالبية إمدادات العالم من النفط الخام، ونظراً لأن شركات النفط الوطنية تمتلك عموماً حقوقاً حصرية في التنقيب عـــن الموارد البترولية وتطويرها في داخل البلد الأم فإنه يمكنها أيضاً تحديد الدرجة التي تتطلب مشاركة الشركات الخاصة في تلك الأنشطة. إنظر الجدول (1-1) لتوليد الأرباح الحالية.

الجدول 1-1: ترتيب مقارن لأكبر عشر شركات نفطية بناءً على الإنتاج الحالى للسوائل

الترتيب ٢٠٠٦	الشركة	الإنتاج مليون برميل يومياً	الترتيب ٢٠٠٠	الشركة	الإنتاج مليون برميل يومياً
1	Saudi Aramco	11,035	1	Saudi Aramco	8,044
2	NIOC	4,049	2	NIOC	3,620
3	Pemex	3,710	3	Pemex	3,343
4	PDV	2,650	4	PDV	2,950
5	KPC	2,643	5	INOC	2,528
6	BP	2,562	6	ExxonMobil	2,444
7	ExxonMobil	2,523	7	Shell	2,268
8	PetroChina	2,270	8	PetroChina	2,124
9	Shell	2,093	9	BP	2,061
10	Sonotrach	1,934	10	KPC	2,025

يلـــزم تطبيق العديد مـــن المعايير لتقييم الطبيعـــة المتطورة للشركات في الصناعة لضمان الجدوى المستقبلية للمؤسسة في المراكز الاحتياطية (الجدول 1-2)، ويعد الاســـتثمار في شـــكل نفقات التنقيب والتطوير بمثابة مؤشر على الاحتياطيات المحتملة ومواقف الإنتاج لشركة النفط.

الجدول 1-2: عشر شركات نفطية بناءً على حيازات الاحتياطيات النفطية الحالية

الترتيب ٢٠٠٦	الشركة	الاحتياطيات بالمليون برميل	الترتيب ٢٠٠٠	الشركة	الاحتياطيات بالمليون برميل
1	Saudi Aramco	264,200	1	Saudi Aramco	259,200
2	NIOC	137,500	2	INOC	112,500
3	NIOC	115,000	3	KPC	96,500
4	KPC	101,500	4	NIOC	87,993
5	PDV	79,700	5	PDV	76,852
6	Adnoc	56,920	6	Adnoc	50,710
7	Libya NOC	33,235	7	Pemex	28,400
8	NNPC	21,540	8	Libya NOC	23,600
9	Lukoil	16,114	9	NNPC	13,500
10	QP	15,200	10	Lukoil	11,432

تهدف الشركات المملوكة للقطاع الخاص إلى تعظيم قيمة المساهمين، وقد تحقق إدارة الشركة هذا الهدف من خلال تنظيم الإنتاج بحيث يتم تحقيق ربح في الإطار الزمني الحالي وكذلك في المستقبل، وقد تتخذ الإدارة أيضاً قرارات استثمارية للاستفادة من الفرص لرفع معدل عائد الشركة. لدى هذه الشركات أيضاً الدافع لتحقيق الكفاءة الإنتاجية لخفض التكاليف وتعزيز ربحية أي مستوى إيرادات معين، ويُعتقد أن هذا النشاط يفيد المستهلكين من خلال ضمان تجنب النقص المادي وأن السلعة متوافرة بأقل سعر يتوافق مع عوامل العرض والطلب.

4-1: التعاريف والمصطلحات

تم خلال الأقسام السابقة تقديم التعريفات والمصطلحات التي تعطي نظرة ثاقبة لمصطلحات الصناعة، لكن مع ذلك فإن هناك العديد من جوانب التعريفات والمصطلحات البترولية التي لم تتم تغطيتها وهي تتطلب المزيد من الذكر هنا، وذلك بسبب العلاقة المباشرة بتسعير البترول والمنتجات البترولية.

إن المصطلحات هي الوسيلة التي يتم من خلالها تسمية الموضوعات المختلفة بحيث يمكن الإشارة إليها في المحادثات وفي الكتابات حتى يتم نقل المعنى، أما التعريفات فهي الوسيلة التي يستخدمها العلماء والمهندسون لتوصيل طبيعة المادة لبعضهم البعض والعالم إما من خلال الكلمة المنطوقة أو المكتوبة. ومن ثم فإنه يمكن أن يكون تعريف مادة ما في غاية الأهمية وله تأثير عميق في كيفية إدراك المجتمع التقني والجمهور لهذه المادة، وفي الواقع كان تعريف البترول متنوعاً وغير منهجي وأنه غالباً ما يكون قديماً، فضلاً عن ذلك فإن مصطلح البترول هو نِتاج سنوات عديدة من النمو، إن الاستخدام الراسخ للتعبير مهما كان غير ملائم فإنه يتم تغييره بصعوبة وفي أحسن الأحوال يتم تبني مصطلح جديد ببطء.

وبعامة فإنه تم استغلال المكامن الكبيرة من موارد النفط الخفيف أولاً وذلك لأن المكامن الكبيرة يسهل العثور عليها واستغلالها، وأن الزيوت الأخف وزناً هي أكثر قيمة وتتطلب طاقة أقل لاستخراجها وتكريرها إلى المنتجات المرغوبة. لذلك فإنه بمرور الوقت في المناطق الناضجة غالباً ما تطلب النفط الخام منخفض الجودة (غالباً ما يسمى النفط الخام الثقيل) استغلال الموارد البحرية الصغيرة والعميقة والثقيلة بشكل متزايد. يعني النضوب التدريجي أيضاً أنه يجب الآن استخراج النفط في الحقول القديمة التي ظهرت إلى السطح من خلال آليات الدفع الطبيعي من مثل ضغط الغاز وذلك باستخدام تقنيات ثانوية ومحسنة كثيفة الاستهلاك للطاقة. وهناك جانب آخر من جودة مورد النفط هو أن احتياطيات النفط يتم تحديدها عادة من خلال درجة اليقين وسهولة استخراجها، وتصنف على أنها مُثبتة أو مُحتملة أو مُمكنة أو تَخمينية، وبالإضافة إلى ذلك فإن هناك موارد غير تقليدية من مثل النفط الثقيل، ونفط المياه العميقة، ورمال القار (رمال القار الزيتية في كندا) والنفط السجيلي (أو ما يعرف بالصخري) الذي يستهلك الكثير من الطاقة وهو مُكلف لكي يتم استغلاله.

لكن مع ذلك فإن الاحتياطيات الحقيقية للحقل لن تُعرف بشكل مطلق إلا في اليوم الذي يتم فيه التخلي أخيراً عنه - عندما يكون الإنتاج التراكمي معروفاً بأعلى درجة من اليقين ويخضع لأخطاء العد فحسب، وقبل ذلك كانت

الاحتياطيات معروفة فحسب ضمن طيف من عدم اليقين يجب التعبير عنه من حيث نطاق الاحتمال. إن الطريقة التقليدية التي تصنف الاحتياطيات على أنها مثبتة أو محتملة أو ممكنة تميل إلى تجاهل نطاق عدم اليقين وذلك مع إعطاء رقم واحد لكل فئة من الاحتياطيات. تقبل لجنة الأوراق المالية والبورصات الفئة المثبتة لأغراض إعداد التقارير المالية فحسب، وأن البترول يوجد في بلدان مختلفة (الجدول 1-3) وهو ينتشر في جميع أنحاء القشرة الأرضية التي تنقسم إلى مجموعات أو طبقات طبيعية، مصنفة بحسب العصور القديمة(Speight,2007) ، ويتم التعرف على هذه التقسيمات من خلال الأنظمة المميزة للحطام العضوي (بالإضافة إلى الحفريات والمعادن وغيرها من الخصائص)، التي تشكل مخططاً زمنياً يشير إلى الأعمار النسبية لطبقات الأرض، ومن المسلم به بعامة أن المواد الكربونية من مثل البترول تحدث في كل هذه الطبقات الجيولوجية من عصر ما قبل الكمبري Precambrian (*) إلى العصر الحديث، وأن أصل البترول في داخل هذه التكوينات هو سؤال لا يزال مفتوحاً للتخمين وأساساً لكثير من البحث.

الجدول 1-3: الاحتياطيات النفطية للبلدان بالمليار برميل

البلد	الاحتياطيات بالمليار برميل
Canada	179
Iran	126
Iraq	115
Kuwait	102
Russia	60
Saudi Arabia	262
United Arab Emirates	98
United States	21
Venezuela	79
Other	238

Source: U.S. Energy information administration, 2006.

(*) إن عصر ما قبل الكمبري هو أقدم جزء من تاريخ الأرض ، وقد تم تعيينه قبل عصر الدهر الحالي، ولقد سمي عصر ما قبل الكمبري بهذا الاسم لأنه سبقت العصر الكمبري ، الفترة الأولى من عصرر دهر الحياة ، الذي سمي على اسم Cambria وهو الاسم اللاتيني لويلز إذ تمت دراسة الصخور من هذا العصر لأول مرة.

يعــد البترول إلى حد بعيــد مصدر الطاقة الأكثر اســتخداماً وبخاصة كمصدر للوقود السائل (الجدول 1-4)، وفي الواقع فإنه بسبب الاستخدام الواسع للبترول كان من السهل جداً تسمية الـ 150 عاماً الماضية بقرن النفط والنصف، أو عصر البترول (راجع عــصر البليستوســين Pleistocene)، أو عصر النفط الصخــري الجديد (راجع العصر الحجري الجديد) (Ryan, 1998). على ســبيل المثال استوردت الولايات المتحدة ما يقرب من 6 مليون برميل يومياً من البترول والمنتجات البترولية في عام 1975 وتســتورد الآن(عام 2011) ضعف هذه الكمية تقريباً، وأن غالبية منتجات المصفاة هي عبارة عن وقــود(Pellegrino,1998) ، ومن الواضح أن هذا الاعتماد على الوقود والمنتجات البترولية سيســتمر لعقود عدة، ونتيجة لذلك فإنه من المتوقع أن يكون الوقود الأحفوري المصدر الرئيس للطاقة خلال الخمســين عاماً القادمة، وفي هذا الصدد يعتبر البترول وشركائه (النفط الثقيل والمخلفات) في غاية الأهمية في أي سيناريو للطاقة، وبخاصة تلك السيناريوهات التي تتعلق بإنتاج الوقود السائل.

الجدول 1-4: سيناريوهات استهلاك الطاقة الفعلية والتخمينية

	استهلاك الطاقة					
	1995	1996	2000	2005	2010	2015
	الفعلي		التخميني			
النفط	34.7	36.0	37.7	40.4	42.6	44.1
الغاز	22.3	22.6	23.9	26.3	28.8	31.9
الفحم	19.7	20.8	22.3	24.1	26.2	29.0
الطاقة النووية	7.2	7.2	7.6	7.4	6.9	4.7
الطاقة الكهرومائية	3.4	4.0	3.1	3.2	3.2	3.2
أخرى	3.2	3.3	3.7	4.0	4.8	5.2

Gas Research Institute. 1998

وفي الواقع فإنه خــلال العقدين الماضيين تدهــورت جودة النفط الخام (Swain,1991,1993,1998,2000)، مما تســبب في تغيير طبيعة التكرير إلى حد كبير. وقد أدى هذا بالطبع إلى الحاجة إلى إدارة جودة الخام بشــكل أكثر فعالية

مــن خلال قوائم التقييم والمنتج (Waguespack and Healey, 1998; Speight, 2007) ، مما أدى إلى انخفاض احتياطيات النفط الخام الخفيف وإلى زيادة الحاجة إلى تطويــر الخيارات لإزالة الكبريت وترقية المــواد الأولية الثقيلة، وبخاصة النفط الثقيل والقار(Speight,2008) ، وقد أدى ذلك إلى مجموعة متنوعة من خيــارات العمليات التي تتخصص في إزالــة الكبريت في أثناء التكرير. وعلى الرغم من أنه لن يتم تناوله في هذا النص إلا أنه من الجدير بالملاحظة أن النزع الميكــروبي للكبريت يتم التحقيق فيه بجدية كتقنية تجارية معترف بها لإزالة الكبريت (Monticello,) 1995; Armstrong *et ai*, 1997).

مــع ضرورة معالجة النفط الثقيل والقار والبقايا للحصول على المزيد من البنزين وأنواع الوقود الســائل الأخرى ، كان هناك إدراك بأن معرفة مكونات هذه المواد الأولية عاليــة الغليان لها البعض من الأهمية أيضاً، وفي الواقع فإنه يمكن أن تُعادل المشــاكل المصادفة في معالجة المواد الوســيطة الأثقل الطابع الكيميــائي وكمية المكونات المعقدة عالية الغليان في المادة الأولية. إن تكرير هذه المواد لا يقتصر على تطبيق المعرفة المســتمدة مــن تكرير النفوط الخام التقليدية فحسب ولكنه يتطلب أيضاً معرفة السلوك الكيميائي لهذه المكونات الأكثر تعقيداً، فضلاً عن ذلك فإنه على الرغم من أن التحليل الأولي لبيتومين رمال القار كان قد تــم الإبلاغ عنه أيضاً على نطاق واســع (Wallace *et al*, 1988; Speight, 1990)، إلا أنه غالباً ما تعاني البيانات من عيب وهو أن تحديد المصدر عام للغاية وليس دائماً محدداً بالموقع.

مع وجود جميع السيناريوهات في مكانها الصحيح فإنه ليس هناك شك في أن البترول وأقاربه: من مثل مخلفات التكرير والنفط الثقيل وكذلك بيتومين رمال القار ســوف تكون مطلوبة لإنتاج نســبة كبيرة من الوقود السائل في المستقبل المنظور، وستكون عمليات إزالة الكبريت ضرورية لإزالة الكبريت بطريقــة مقبولة بيئياً لإنتاج منتجات مقبولة بيئياً. ســتركز ســتراتيجيات التكرير على رفع مستوى النفوط الثقيلة والمخلفات وسوف تؤكد على الفروق بين خصائص المواد الأولية، وسيحدد هذا اختيار الأساليب أو مجموعات منها لتحويل هذه المواد إلى منتجات (Schuetze and Hofmann,1984).

نظـــراً للحاجة إلى فهم شـــامل للبترول والتقنيات المرتبطـــة به فإنه من الضروري إعطاء تعريفات ومصطلحات علوم وتكنولوجيا البترول الاعتبار الأول، سيساعد هذا في فهم أفضل للبترول ومكوناته وأجزاءه المختلفة، ومن بين العديد من المصطلحات التي تم اســـتخدامها لـــم تنجو جميعها، ولكن الأكثر اســـتخداماً موضحة هنـــا. إن المزعج بخاصة والأكـــثر إرباكاً هي تلك المصطلحات التي يتم تطبيقها على المواد الأكثر لزوجة بما في ذلك اســـتخدام المصطلحين البيتومين والإســـفلت، يحاول هذا الجزء من النص التخفيف من الكثير مـــن الالتباس الموجود ولكن يجب أن نتذكر أن مصطلحات البترول لا تزال مفتوحة للاختيار الشخصي والاستخدام التاريخي.

1-4-1: البترول

عندما يوجد البترول في مكمن يســـمح باســـتعادة المواد الخام عن طريق عمليات الضخ كسائل يتدفق بحرية داكن إلى فاتح اللون، فإنه غالباً ما يشار إليه على أنه البترول التقليدي.

إن البـــترول هو مزيج طبيعي من الهيدروكربونـــات المتنوعة التي تعكس صفاتها الفيزيائيـــة والكيميائية الأصول المختلفـــة، وبخاصة درجات مختلفة من المعالجـــة الطبيعية لهـــذه الهيدروكربونـــات (Speight,2007,2008)، وفي الواقع فإن مصطلح البترول يغطي مجموعة واســـعة من المواد التي تتكون من مخاليط الهيدروكربونات والمركبات الأخـــرى التي تحتوي على كميات متغيرة من الكبريت والنيتروجين والأوكسجين التي قد تختلف بشكل كبير في التقلب والـــوزن النوعي واللزوجة، وعادة ما توجـــد المكونات المحتوية على معادن ولا ســـيما المركبات التي تحتوي على الفاناديوم والنيـــكل في الزيوت الخام الأكثر لزوجة بكميات تصل إلى عدة آلاف جزء في المليون، ويمكن أن يكون لها عواقب وخيمة في أثناء معالجة هذه المواد الأولية(Speight,2007).

نظـــراً لأن البترول هو عبـــارة عن خليط من مكونات ونســـب متفاوتة على نطاق واســـع، فإن خواصه الفيزيائية تختلف أيضاً على نطاق واسع واللون يختلف وهو يتراوح بين عديم اللون إلى الأســـود، وهنـــاك أيضاً نوع آخر من

البترول يختلف عن البترول التقليدي من حيث صعوبة استخلاصه من المكمن الجوفي. تتمتع هذه المادة أو النفط الثقيل بلزوجة أعلى بكثير وبدرجة قياس أقل من البترول التقليدي بحسب معهد البترول الامريكي API ، وعادة ما يتطلب استخراج النفط الثقيل تحفيزاً حرارياً للمكمن (Speight, Speight، 2008 ، 2007).

تقع غالبية احتياطيات النفط الخام التي تم تحديدها حتى الآن في عدد صغير نسبياً من الحقول الجد كبيرة المعروفة بإسم الحقول العملاقة giants، وفي الواقع يحتوي ما يقرب من 300 من أكبر حقول النفط في العالم على ما يقرب من 75% من النفط الخام المتاح. على الرغم من أن معظم بلدان العالم تنتج على الأقل كميات ضئيلة من النفط، إلا أن التركيزات الأساسية تتركز في منطقة الخليج العربي وشمال إفريقيا وغربها وبحر الشمال وخليج المكسيك، بالإضافة إلى ذلك فإنه من بين 90 دولة منتجة للنفط تحتوي خمس دول في الشرق الأوسط على ما يقرب من 70% من احتياطيات النفط الحالية المعروفة.

تم تعريف البترول والنفط الثقيل ولسنوات عديدة بعامة من حيث الخصائص الفيزيائية، فعلى سبيل المثال تم اعتبار النفوط الثقيلة على أنها تلك النفوط الخام التي لها كثافة أقل إلى حد ما من 20 درجة بحسب API مع وقوع النفوط الثقيلة في نطاق كثافة بحسب API من 10 إلى 15 درجة. على سبيل المثال يحتوي النفط الخام الثقيل من كولد ليك Cold Lake على كثافة تساوي 12 درجة API، وعادة ما يكون لبيتومين رمال القار كثافة بحسب API في النطاق 5-10 درجة (Athabasca bitumen = 8 ° API). سوف تختلف البواقي أو المخلفات اعتماداً على درجة الحرارة التي تم عندها إنهاء التقطير، ولكن عادةً ما تقع هذه البواقي في النطاق التقريبي 2 إلى 8 درجة بحسب API، لكن مع ذلك فإن تصنيف النفط الخام عن طريق استخدام خاصية مادية واحدة يخضع للأخطاء الملازمة للطريقة التحليلية (التي يتم من خلالها تحديد الخاصية) ويجب استخدامه بحذر (الفصل الرابع).

1-4-2: الغاز الطبيعي

ينطبق المصطلح العام للغاز الطبيعي على الغازات المرتبطة بشـــكل شـــائع بالتكوينـــات الجيولوجية البترولية (المنتجة للبـــترول، المحتوية على البترول)، يحتوي الغاز الطبيعي بعامة على نســـب عالية من الميثان (مركب هيدروكربوني كربون واحد CH_4) وعدد من البرافينات الأعلى بوزن جزيئي أعلى (C_nH_{2n+2}) التي تحتوي بعامة على ما يصل إلى ست ذرات كربون قد توجد أيضاً بكميات صغـــيرة (الجـــدول 1-5). إن المكونات الهيدروكربونية للغـــاز الطبيعي قابلة للاحتراق، ولكن المكونات غير الهيدروكربونية غير قابلة للاحتراق من مثل ثاني أوكســـيد الكربون والنيتروجين والهيليـــوم وهي غالباً ما تكون موجودة بشكل قليل وتعد على أنها من الملوثات.

الجدول 1-5: عناصر الغاز الطبيعي

الإسم	الصيغة	الحجم %
Methane	CH_4	>85
Ethane	C_2H_6	3–8
Propane	C_3H_8	1–5
Butane	C_4H_{10}	1–2
Pentane+	C_5H_{12}	1–5
Carbon dioxide	CO_2	1–2
Hydrogen sulfide	H_2S	1–2
Nitrogen	N_2	1–5
Helium	He	<0.5

Pentane+: pentane and higher molecular weight hydrocarbons, including benzene and toluene.

بالإضافـــة إلى تواجد الغـــاز الطبيعي في مكامن البترول فـــإن هناك أيضاً تلك المكامن التي قد يكون الغاز الطبيعي هو الشـــاغل الوحيد فيها، فالمكون الرئيس للغـــاز الطبيعي هو الميثان ، ولكن قد توجـــد أيضاً هيدروكربونات

أخرى من مثل الإيثان والبروبان والبيوتان، كما أن ثاني أوكسيد الكربون هو أيضاً مكون شـــائع للغاز الطبيعي. قد تظهر أيضاً كميات ضئيلة من الغازات النادرة من مثل الهيليوم وأن البعض من مكامن الغاز الطبيعي هي مصدر لهذه الغازات النادرة، ومثلما يمكن أن يختلف البترول في التركيب كذلك يمكن للغـــاز الطبيعي أن يختلف في تركيبه، وتحـــدث الاختلافات في تكوين الغاز الطبيعي بين مكامن مختلفة وقد ينتج عن بئرين في الحقل نفسه أيضاً منتجات غازية مختلفة في التركيب (Speight,1990).

إن الغاز الطبيعي (يُسمى أيضاً بـ غاز الأهوار marshe وبـ غاز المستنقعات swamp في النصوص القديمة وبـ غاز دفن النفايات landfill مؤخراً) هو وقود أحفوري غازي موجود في مكامن النفط ومكامن الغاز الطبيعي وطبقات الفحم، وأنه عنصر حيوي لإمداد العالم بالطاقة، وأنه واحد من أنظف مصادر الطاقة وأكثرها أماناً وأكثرها فائدة، وفي حين يتم تجميعه بشكل شائع مع أنواع الوقود الأحفوري ومصادر الطاقة الأخـــرى، إلا أن هناك العديد من الخصائص التي تجعلـــه فريداً من نوعه. ينتج الغاز الطبيعي عن تحلـــل بقايا الحيوانات وبقايا النباتات أو الحطام العضوي الذي حدث على مدى ملايين الســـنين، وبمرور الوقـــت تغير الطين والتربة التي غطت الحطام العضوي إلى صخور واحتجزت الحطام تحت الرواســـب الصخرية المشكلة حديثاً، ولقد أدى الضغط وإلى حد ما الحرارة (غير محددة بعد) إلى تحويـــل البعض من المواد العضوية إلى فحم، وبعضها إلى زيت (نفط)، وبعضهـــا إلى غاز طبيعي، ويعتمد ما إذا كان الحطام يتكون من الفحم أو البترول أو الغاز على طبيعة الحطام والظروف المحلية التي حدثت فيها التحولات.

عُـــرف الغاز الطبيعي لقـــرون عدة، لكن اســـتخدامه الأولي ربما كان للأغراض الدينية أكثر منه كوقود، فعلى ســـبيل المثـــال كانت آبار الغاز جانباً مهماً من الحياة الدينية في بلاد فارس القديمة بسبب أهمية النار في دينهم، وفي العصور الكلاسيكية كانت هذه الآبار غالباً ما يتم إحراقها وكان لابد أنها كانت مذهلة (Scheil and Gauthier, 1909; Schroder, 1920; Lockhart,

(1939; Forbes, 1964). فضلاً عن ذلك فإنه كما كان البترول يســتخدم في العصور القديمة كان الغــاز الطبيعي معروفاً أيضاً في العصور القديمة، لكن مع ذلك فقد تم توثيق اســتخدام البترول بشكل جيد نسبياً بسبب استخدامه في الحرب وكماستيك للجدران والطرق(Henry, 1873; Abraham, 1945; Forbes, 1958a, 1958b; James and Thorpe, 1994).

تم اكتشــاف الغاز الطبيعي لأول مرة في الولايــات المتحدة في فريدونيا Fredonia ، نيويورك في عام 1821، وفي الأعوام التي تلت هذا الاكتشاف اقتصر اســتخدام الغاز الطبيعي على المناطق المحيطة بــه لأن تكنولوجيا التخزين والنقل (على الرغم من أنابيب الخيزران) لم تكن متطورة في ذلك الوقت، وكان للغــاز الطبيعي قيمة تجارية ضئيلة أو معدومــة. وفي الواقع فإنه في أثناء عقد الثلاثينات من القرن العشرين عندما كان تكرير البترول مُشرعاً - وهو توسع في التكنولوجيا لا يزال مســتمراً - لم يكن الغاز الطبيعي يعد مصدراً رئيساً للوقود ولم يتم إنتاجه إلا كمنتج ثانوي غير مرغوب فيه لإنتاج النفط الخام و/ أو تكريره، لكن خلال العقود العديدة الماضية فحسب تم فيها اعتبار الغاز الطبيعي مساهماً رئيساً في إنتاج الطاقة.

هناك العديد من التعريفات العامة الــتي تم تطبيقها على الغاز الطبيعي، فعلى ســبيل المثال يظهر الغاز الطبيعي المصاحب أو المذاب إما على شكل غاز حــر أو غاز في محلول في البترول، وأن الغــاز الذي يظهر كمحلول في البترول هو غاز مذاب، بينمــا الغاز الموجود في اتصال مع البــترول (غطاء الغاز) هو غاز مصاحــب، وبالإضافة إلى ذلك فإن الغاز الخالي من الدهون هو الغاز الذي يكون الميثان هو المكــون الرئيس فيه، ويحتوي الغــاز الرطب على كميات كبيرة من الهيدروكربونــات ذات الوزن الجزيئي الأعلى. يحتوي الغاز الحامض على كبريتيد الهيدروجين، بينما يحتوي الغاز الحلو على القليل جداً من كبريتيد الهيدروجين إن وجد، وفي تناقض مباشر مع مصطلحات صناعة البترول عندما تكون البواقي هي مادة الغليان العالية المتبقية بعد التقطير، فإن الغاز المتبقي هو غاز طبيعي تم منه استخلاص الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي الأعلى

(الغليان العالي) وكذلك أقل هيدروكربون غليان في الغاز الطبيعي، أخيراً فإنه يتم اشـــتقاق غاز رأس الغلاف (casinghead gas) من البترول ، ولكن يتم فصله في منشأة فصل رأس البئر.

لتعريف المصطلحات الجافة والرطبة في المقاييس الكمية، يشير مصطلح الغـــاز الطبيعي الجاف إلى أن هناك أقل مـــن 0.1 جالون (1 جالون أمريكي = 264.2 مـــتر مكعب) من بخار البنزين (بارافينات ذات وزن جزيئي أعلى) لكل 1000 قدم مكعب (1 قدم مكعب = 0.028 متر مكعب). يشـــير مصطلح الغاز الطبيعي الرطب إلى وجود من مثـــل هذه البرافينات في الغاز - في الواقع ، أكثر من 0.1 جالون / 1000 قدم مكعب.

قد توجد مكونـــات أخرى أيضاً من مثل ثاني أوكســـيد الكربون ($C0_2$) وكبريتيـــد الهيدروجـــين (H_2S) والميركابتـــان mercaptans (ثايولس ، thiols R-SH)، بالإضافة إلى كميـــات ضئيلة من المكونات الأخرى، ومن ثم فإنه لا يوجد تنظيمية واحدة للمكونات يمكن أن يطلق عليها اســـم الغاز الطبيعي النموذجي.

1-4-3: النفط الثقيل

إن النفط الثقيل هو نوع من البترول يختلف عن البترول التقليدي بقدر ما يصعب اســـتخلاصه من المكمن الجوفي ولزوجته أعلى بكثير (وكثافة API أقـــل) من البترول التقليـــدي، وعادة ما يتطلب الاســـتخلاص الأولي للنفط الثقيل التحفيز الحراري للمكمن. تم تعريف البترول والنفط الثقيل بعامة من حيث الخصائص الفيزيائية (القســـم 1-2). على سبيل المثال ، تم اعتبار النفط الثقيل نفطا خاماً له كثافة أقل إلى حد ما من 20 درجة API مع بيتومين رمال القار الذي يقع في نطاق كثافة 10< API °. على سبيل المثال ، يحتوي النفط الخام الثقيل من كولد ليك Cold Lake على كثافة بحسب API يساوي 12 درجة وأن بيتومين رمال القار عادة ما يكون له ثقلاً نوعياً بحســـب API في نطاق 5-10 ° (Athabasca bitumen = 8 ° API)، لكن مع ذلك فإن تصنيف النفط الخام

عن طريق استـــخدام خاصية مادية واحدة يخضع للأخطاء الملازمة للطريقة التحليلية التي يتم من خلالها تحديد الخاصية ويجب استخدامه بحذر (الفصل الرابع).

بينما يتدفق النفط الخام التقليدي بشـــكل طبيعي وبالامكان ضخه دون تســـخينه أو تخفيفه فإن النفط الخام الثقيل عادةً ما يتطلـــب تحفيزاً حرارياً لإحداث الاستخلاص، وفي الواقع فإن التعريف الأكثر ملاءمة للنفط الثقيل هو أنه قابل للاستخراج في حالته الطبيعية من خلال طرائق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاســـتخلاص المحسنة المستخدمة حالياً، على سبيل القياس فإن بيتومين رمال القار لا يمكن استخلاصه في حالته الطبيعية باستخدام تقنيات الاستخلاص المحسنة (الثلاثية tertiary) (القسم 5-4).

تم إدخال مصطلح النفط الثقيـــل الإضافي extra heavy oil مؤخراً إلى حد ما دون مبرر معقول وغالباً ما يعمل على إرباك القضايا الحقيقية للتســـمية، يتم استخدامه لتحديد المادة (من مثل بيتومين رمال القار) التي تظهر في الحالة شبه الصلبة وغير قادرة على التدفق الحر في ظـــل الظروف المحيطة. لكن مع ذلك فقد كان تعريف هذه المواد متاحاً منذ أربعة عقود (القسم 1-5)، وأن استخدام مصطلح النفط الثقيل الإضافي يخدم فحســـب في إرباك الأمور بشكل أكبر من خلال تقديم غير معروف آخر في ساحة المصطلحات والتعاريف البسيطة.

1-4-4: بيتومين رمال القار

تمت الإشـــارة بشـــكل متكرر في جميع أنحاء هذا النص إلى بيتومين رمال القار، ولكن نظراً لأن العمليات التجارية كانت قائمة منذ أكثر من 40 عاماً (Spragins ، 1978 ، Speight ، 1990) فإنه ليس من المســـتغرب معرفة المزيد عن احتياطيات رمال القار في ألبرتا Alberta - كندا من أي احتياطيات أخرى في العالم. لذلك فإنه عند إجراء مناقشة حول رواسب رمال القار تتم الإشارة إلى الرواسب الطبيعية ذات الصلة، ولكن في حالة عدم توافر المعلومات فإنه يتم استخدام مادة ألبرتا لأغراض المناقشة.

يشـــمل مصطلح البيتومين (أيضاً وفي بعض الأحيان يُشـــار إليه بإســـم الإســـفلت الأصلي native asphalt) مجموعة متنوعة مـــن المواد الطبيعية ذات اللون البني المحمر إلى الأسود ذات الطبيعة شبه الصلبة، اللزجة إلى الهشة التي يمكن أن توجد في الطبيعة بدون شوائب معدنية أو تحتوي على مواد معدنية تتجاوز 50% بالوزن، وكثيراً ما يوجد القار لملء مسام وشقوق الحجر الرملي أو الحجر الجيري أو الرواسب الحجرية، وفي هذه الحالة تُعرف المصفوفة العضوية والمعدنية المصاحبة باسم الإســـفلت الصخري (Abraham, 1945; Hoiberg, 1964). إن بيتومـــين رمال القار مادة عالية الغليـــان مع القليل من المواد إن وجـــدت وهي تغلي إلى أقل مـــن 350 درجة مئوية (660 درجـــة فهرنهايت)، ويســـتخدم مصطلح الرمـــال النفطية oil sands أيضاً بالطريقة نفســـها التي يستخدم فيها مصطلح رمال القار tar sands، ويتم استخدام هذه المصطلحات بالتبادل في جميع أنحاء هذا النص، ويعد البيتومين Bitumen أيضاً مصطلحاً شـــائعاً يستخدم في العديد من البلدان الأوروبية للإشارة إلى الماستيك mastic الذي يصنع أسفلت الطرق - وهو خليط من الإسفلت والركام، ولم يتم استخدام مصطلح البيتومين بأي معنى من هذا القبيل في هذا الكتاب.

فضلاً عن ذلك فإنه من غير الصحيح الإشـــارة إلى البيتومين على أنه قار tarأو زفـــت pitch، وعلى الرغم من أن كلمة القـــار هي كلمة وصفية إلى حد ما للمادة السوداء البيتومينية، فمن الأفضل تجنب استخدامها فيما يتعلق بالمواد الطبيعية. وبشـــكل صحيح فإنه يتم تطبيق اســـم القار عادة على المنتج الثقيل المتبقي بعد التقطير الاتلافي للفحم أو المواد العضوية الأخرى، أما الزفت فهو بقايـــا التقطير لأنواع مختلفة من القار، وأن الأســـماء البديلة من مثل الرمال البيتومينيـــة bituminous sand أو الرمل النفطي oil sand ، تجد الاســـتخدام تدريجياً مع الاسم السابق الأكثر صحة من الناحية الفنية.

لأغراض هذا النص فإن تعريف بيتومين رمال القار يُشـــتق من تعريف رمال القار الذي حددته حكومة الولايات المتحدة (FE-76-4):

[رمـال القـار]... هي أنواع الصخـور المتعددة الـتي تحتوي على هيدروكربون شـديد اللزوجـة لا يمكن اسـتخراجه في حالته الطبيعية عن طريق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاستخلاص المعززة المسـتخدمة حالياً، وتُعرف الصخور الحاملة للهيدروكربون بشـكل متنوع بنفط صخـور البيتومين والصخور المشبعة والرمال النفطية والإسفلت الصخري.

يُعد النفط الثقيل ومن خلال الاسـتدلال (القسـم 3-1) مورداً يمكن اسـتخراجه في حالته الطبيعية عن طريق طرائق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاسـتخلاص المحسنة المسـتخدمة حالياً، وأن مصطلح الحالـة الطبيعية يعني بدون تحويل النفط الثقيـل أو القار كما قد يحدث في أثناء عمليات الاستخلاص الحرارية.

نظراً لتنوع المعلومـات المتاحة والمحاولات المسـتمرة لتحديد مختلف تراكمـات رمال القار العالمية، فإنه من المسـتحيل تقريباً تقديم أرقام دقيقة تعكس مـدى الاحتياطيات من حيث وحدة البرميـل، وغالباً ما يتم التذرع بمصطلح الزيت الثقيل الإضافي (القسم 1-4) دون تفسير أو وصف مناسب، مما يترك احتياطيات النفط الثقيل وبيتومين رمـال القار مفتوحاً للمضاربة، والواقع أن التحقيقات في حجم العديد من التراكمات في العالم مستمرة بمعدل متفاوت الأرقام من عام إلى آخر، وفقـاً لذلك فإنه يجب التعرف على البيانات المقتبسة هنا على أنها تقريبية مع إمكانية كونها مختلفة تماماً في وقت النشر.

لكن مـع ذلك فإنه مهما كانت الأرقام المسـتخدمة ، فإن البيتومين في رواسـب رمال القار يمثل مصدراً كبيراً محتملاً للطاقة (الفصل الثاني)، ومع ذلك فإن العديـد من هذه الاحتياطيات متاحة فحسـب مع بعض الصعوبة وسـتكون سـيناريوهات المصفاة الاختيارية ضرورية لتحويل هذه المواد إلى منتجات سائلة منخفضة الكبريت بسبب الاختلافات الجوهرية في الخصائص بين البترول التقليدي وبيتومين رمال القار، وأن استخلاص البيتومين تتطلب التطبيق المسبق لإجراءات تكسـير المكمن قبل إدخال طرائق الاستخلاص

الحرارية، وحالياً تستخدم العمليات التجارية في كندا تقنيات التعدين لاستخلاص البيتومين.

على الرغم من أن رواسب رمال القار موزعة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم (Speight,1990,2007) ، إلا أن حقيقة أن التجارة قد حدثت في كندا لا تعني أن التسويق بات وشيكاً بالنسبة لرواسب رمال القار الأخرى. إذ أن هناك اختلافات كبيرة بين الرواسب الكندية والأمريكية يمكن أن تحول دون التطبيق الشامل للمبادئ الكندية على الرمال الأمريكية (Speight,1990). بينما يعرف العلماء والمهندسون الكنديون الكثير عن رواسب أثاباسكا Athabasca (ألبرتا)، فإن المعرفة لا تنطبق بعامة على الرواسب الأخرى - وأن المفتاح هو خصوصية الموقع من حيث إمكانية الوصول وإمكانية الاستخلاص.

1-5: References

- Abraham, H. 1945. Asphalts and Allied Substances. Van Nostrand, New York. Armstrong, S.M., Sankey, B.M., and Voordouw, G. 1997. Fuel. 76: 223.
- Barton, G.A. 1926. On Binding-reeds, Bitumen, and Other Commodities in Ancient Babylonia. J. Amer. Orient. Soc. 46: 297-302.
- Bauer, G. (Georgius Agrícola) (1546). Book IV, De Natura Fossilium, Basel, Switzerland.
- Bauer, G. (Georgius Agrícola) (1556). Book XII, De Re Metallica, Basel.
- Bell, H. S. (1945). American Petroleum Refining, van Nostrand, New York.
-Boyle, G. (Editor). 1996. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. Oxford University Press, Oxford, England.
- Cobb, C., and Goldwhite, H. 995. Creations of Fire: Chemistry's Lively History from Alchemy to the Atomic Age. Plenum Press, New York.
- Cook, A. B., and Despard, C. (1927). J. Inst. Petroleum Technol. 13:124.
- Dahmus, J. 1995. A History of the Middle Ages. Barnes and Noble, New York. P. 135 and 136; previously published with the same title by Doubleday Book Co., 1968.
- Da vies, N. 1996. Europe: A History. Oxford University Press. Oxford, England, p. 245 and 250.

- Forbes, R. J. 1958a. A History of Technology, Oxford University Press, Oxford, England.

- Forbes, R. J. 1958b. Studies in Early Petroleum Chemistry. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands.

- Forbes, R.J. 1959. More Studies in Early Petroleum Chemistry. E.J. Brill, Leiden, The Netherlands:

- Forbes, R. J. 1964. Studies in Ancient Technology. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands.

- GRI, 1998. Baseline. Report No. GRI-98/0001. Gas Research Institute, Chicago, IL. March, p. 1.

- Henry, J.T. 1873. The Early and Later History of Petroleum. Volumes I and II. APRP Co., Philadelphia, PA.

- Hoiberg, A. J. 1964. Bituminous Materials: Asphalts, Tars, and Pitches. John Wiley & Sons. New York.

- James, P., and Thorpe, N. 1994. Ancient Inventions. New York: Ballantine Books.

- Johnson, P. 1997. Harper Collins Publishers Inc., New York. p. 602

- Kovacs, M.G. 1990. The Epic of Gilgamesh. Stanford: Stanford University Press, 1990). Tablet XI.

- Krishnan, J.M., and Rajagopal, K.R. 2003. Review of the Uses and Modeling of Bitumen from Ancient to Modern Times. Appl. Mech., Rev. 56(2): 149-205.

- Lockhart, L. 1939. J. Inst. Petroleum 25:1.

- Mallowan, M.E.L. (1954). Iraq 16(2):115.

- Mallowan, M.E.L., and Rose, J. C. 1935. Iraq 2(1):1.

- Marschner, R.F., Duffy, L.J., and Wright, H. (1978). Paleorient 4:97.

- Monticello, D.J. 1995. United States Patent 5,387,523. February 7.

- Moorey, P.R.S. 1994. Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence, Clarendon Press, Oxford, England.

- Nellensteyn, F. J., and Brand, J. (1936). Chem. Weekbl. 261.

- Owen, E.W. 1975. In A History of Exploration for Petroleum. Memoir No. 6. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA. P. 2.

- Pellegrino, J.L. 1998. Energy and Environmental Profile of the US

Petroleum: Refining Industry. Office of Industrial Technologies. United States Department of Energy, Washington, DC.

- Pirog, R. 2007. The Role of National Oil Companies in the International Oil Market August 21,2007. Report No. RL34137. CRS Report for Congress, Congressional Research Service, Washington, DC. August 21.

- Powicke, Sir Maurice. 1962. The Thirteenth Century. 1216-1307. 2nd Edition. Oxford University Press, Oxford, England, p. 13.

- Ramage, J. 1997. Energy: A Guidebook. Oxford University Press, Oxford, England.

- Ryan, J.F. 1998. Today's Chemist at Work. 7(6): 84.

- Schuetze, B., and Hofmann, H. 1984. Hydrocarbon Processing. 63(2): 75.

- Scheil, V., and Gauthier, A. 1909. Annales de Tukulti Ninip II, Paris.

- Schroder, 0.1920. Keilschriftetexte aus Assur Vershiedenen, xiv. Leipzig.

- Speight, J.G. 1978. Personal observations at archeological digs at the sites of the ancient Iraqi cities of Babylon, Calah, Nineveh, and Ur.

- Speight, J. G. 1990. In Fuel Science and Technology Handbook. J.G. Speight (Editor). Marcel Dekker, New York. Chapters 12-16.

- Speight, J.G. 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum. 4th

Edition. CRC Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

- Speight, J.G. 2008. Handbook of Synthetic Fuels, McGraw-Hill, New York.

- Sperber, D. 1976. Objects of Trade Between Palestine and Egypt in Roman Times. Journal of the Economic and Social History of the Orient. 19(2): 113-147.

- Spragins, F.K. 1978. Development in Petroleum Science, No. 7, Bitumens, Asphalts and Tar Sands. T.F. Yen and G.V. Chilingarian (Editors). Elsevier, New York, p. 92.

- Steinsaltz, 1977. The Uses and Refining of Petroleum as Mentioned in the Talmud. Isis, 68(1): 104-105.

- Stern, B. Connan, J., Blakelock, E., Jackman, R., Coningham, R.A.E., and Heron, C. 2007. From Susa to Anuradhapura: Reconstructing Aspects of Trade and Exchange in Bitumen-Coated Ceramic Vessels between Iran and Sri Lanka from the Third to the Ninth Centuries AD. Archaeometry, 50(3): 409-428.

- Swain, E.J. 1991. Oil & Gas Journal. 89(36): 59.

- Swain, E.J. 1993. Oil & Gas Journal. 91(9): 62.

- Swain, E.J. 1998. Oil & Gas Journal. 96(40): 43.

- Swain, E.J. 2000. Oil & Gas Journal. March 13.

- Thompson, R.C. 1936. Dictionary of Assyrian Chemistry and Geology, Clarendon Press, Oxford, England.

- Wendt, C.J., and Lu, S-T. 2006. Sourcing Archeological Bitumen in the Olmec Region. Journal of Archeological Science, 33(1): 89-97.

- Wendt, C.J., and Cyphers, A. 2008. How the Olmec used Bitumen in Ancient Mesoamerica. Journal of Anthropological Archeology, 27(2): 172-191.

- Waguespack, K.G., and Healey, J.F. 1998. Hydrocarbon Processing. 77(9): 133.

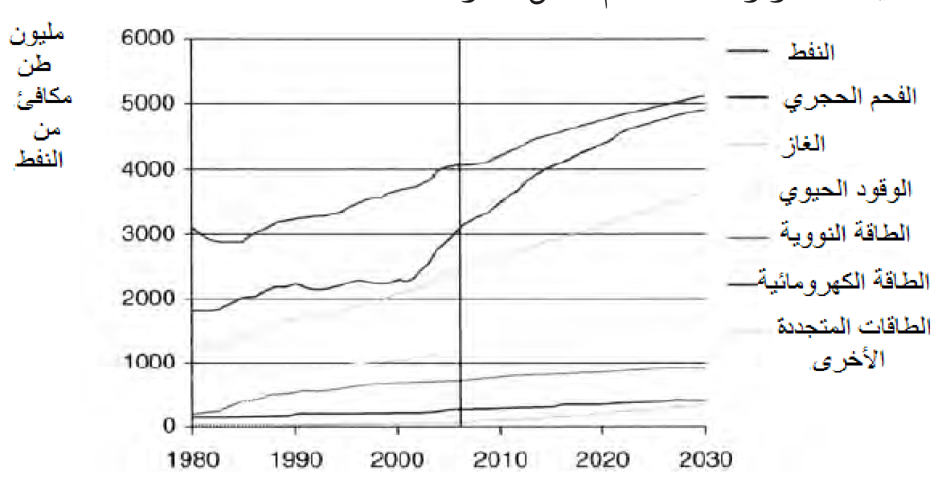
-Wallace,D., Starr,J., Thomas,K.P., and Dorrence.S.M.1988.

Characterization of Oil Sands Resources. Alberta Oil Sands Technology and Research Authority, Edmonton, Alberta, Canada.

الفَصْلُ الثّاني

أصل النفط وظهوره

تم استخدام البترول كمصدر للطاقة لأكثر من 6000 عام (الفصل الاول) وهو إلى حد بعيد مصدر الطاقة الأكثر استخداماً في العالم، خاصة وأن مصدر الوقود السائل واستخدام البترول من المتوقع أن يستمر على الأقل بالكميات الحالية لمدة عقدين من الزمن على الأقل (Speight, 2007a; BP, (2008; World Energy Council, 2008; Speight, 2011 (الشكل 2-1). لقد أصبح متوسط جودة النفط الخام أسوأ في السنوات الأخيرة، ينعكس هذا في انخفاض تدريجي في الكثافة (*) API وارتفاع المحتوى الكبريتي، ويُعتقد الآن أنه كان هناك اتجاه حديث لاستقرار جودة المواد الأولية للنفط الخام، ومهما كان الأمر فقد تغيرت طبيعة تكرير النفط الخام بشكل كبير.



الشكل 2-1: توزيع موارد الطاقة العالمية بملايين الأطنان من المكافىء النفطى

Source: World Energy Outlook 2008, International Energy Agency.

(*) يطلق على الكثافة في الادبيات الغربية تسمية Gravity وتقاس بوحدات API.

أدى انخفاض احتياطيات النفط الخام الخفيف إلى زيادة الحاجة إلى تطوير خيارات لرفع مستوى الإمداد الوفير من احتياطيات النفط الثقيل المعروفة، بالإضافة إلى ذلك فإن هناك تركيزاً كبيراً وجهود متجددة لتكييف تقنيات الاسخلاص وذلك لإنتاج النفط الثقيل وبيتومين رمال القار(Speight, 2007a).

إن الوقود الأحفوري هو تلك الأنواع من الوقود المتمثلة في الفحم الحجري والنفط (بما في ذلك النفط الثقيل والبيتومين) والغاز الطبيعي والسجيل النفطي oil shale وهو ناتج عن اضمحلال بقايا النبات على مر الزمن الجيولوجي (Speight,1990,2008). إن الموارد من مثل النفط الثقيل والبيتومين في تكوينات رمال القار التي تمت مناقشتها أيضاً في هذا النص هي إمكانات غير محققة (Speight,2008, 2009)، إذ لا يمثل الوقود السائل من البترول سوى جزء بسيط من تلك التي يمكن إنتاجها في النهاية من النفط الثقيل وبيتومين رمال القار.

وفي الواقع فإنه في الوقت الحاضر يتم إنتاج غالبية الطاقة التي يستهلكها المجتمع البشري من الوقود الأحفوري (البترول: نحو 38 إلى 40% ، الفحم الحجري: نحو 31 إلى 35% ، الغاز الطبيعي: نحو 20 إلى 25%) مع ما تبقى من متطلبات الطاقة تأتي من المصادر النووية والكهرومائية، ونتيجة لذلك فإنه من المتوقع أن يكون الوقود الأحفوري (بكميات متفاوتة اعتماداً على مصدر المعلومات) هو المصدر الرئيس للطاقة خلال الخمسين عاماً القادمة.

يتناثر البترول في جميع أنحاء قشرة الأرض التي تنقسم إلى مجموعات أو طبقات طبيعية، مصنفة بحسب ترتيب العصور القديمة (الجدول 2-1)، ويتم التعرف على هذه التقسيمات من خلال الأنظمة المميزة للحطام العضوي (بالإضافة إلى الحفريات والمعادن وغيرها من الخصائص) التي تشكل مخططاً زمنياً يشير إلى الأعمار النسبية لطبقات الأرض، ومن المسلم به بعامة أن المواد الكربونية من مثل البترول تحدث في كل هذه الطبقات الجيولوجية من عصر ما قبل الكمبري Precambrian إلى العصر الحديث، وأن أصل البترول في داخل هذه التكوينات هو سؤال لا يزال مفتوحاً للتخمين وأساساً لمزيد من التحقيق.

الجدول 2-1: الجدول الزمني الجيولوجي

عدد السنوات التقريبي منذ (ملايين السنين)	المدة التقريبية (بملايين السنين)	العصر	الفترة الزمنية	(الحقبة الزمنية)
		الهولوسيني	الرباعي	حقب الحياة الحديثة
0.01	2	العصر الجليدي		
2	11	البليوسيني	الثلاثي	
13	12	الميوسيني		
25	11	الأوليغوسيني		
36	22	الإيوسيني		
58	71	الباليوسيني		
65	71		الطباشيري	الدهر الوسيط
136	54		الجوراسي	
190	35		الترياسي	
225	55		البيرمياني	حقب الحياة القديمة
280	65		الكربوني	
345	60		الديفوني	
405	20		السيلوريان	
425	75		الأوردوفيشي	
500	100		الكمبري	
600	3,380			ما قبل الكمبري

1-2: تكوين النفط

هنـــاك نوعان من النظريات حـــول أصل البترول: النظريـــة غير الحيوية والنظرية الحيوية المنشأ (Kenney et al, 2001,2002)، ولقد تمت مناقشة كلتا النظريتين بشـــكل مكثف منذ ستينات القرن التاســـع عشر وذلك بعد وقت قصير من اكتشاف الانتشار الواسع للبترول.

تفـــترض النظرية غير الحيويـــة لتكوين البترول أن المـــواد غير العضوية كانت المـــادة المصدر، وفي الواقع فـــإن هناك العديد مـــن النظريات الحديثة المتعلقة بتكوين البترول من مصادر غير حيوية في الأرض (Gold,1984,1985، 1982,1986، 1980 Gold and Soter،، Osborne,1986 ، Szatmari, 1989).

ومـــن ثم فإن فكرة الأصل البترولي غير الحيوي تقترح وجود كميات كبيرة من الكربون بشـــكل طبيعي في الكوكب وبعضها في شـــكل هيدروكربونات، إن الهيدروكربونات أقل كثافة من ســـوائل المســـام المائية وتهاجر إلى الأعلى عبر شبكات التصدع العميقة، وتُعد أشـــكال الحياة الميكروبية المحبة للحرارة التي تعيش في الصخور مســـؤولة جزئياً عن المؤشرات الحيوية الموجودة في البترول، لكن مع ذلك فإن دورها في تكوين أو تغيير أو تلوث رواســـب الهيدروكربون المختلفة لم يتم فهمه بعد. تؤكد الحســـابات الديناميكية الحرارية والدراســـات التجريبية أن nمن الالكانات (المكونات البترولية الشـــائعة) لا تتطور تلقائياً من الميثان عند الضغوط الموجودة عادةً في الأحواض الرسوبية، ومن ثم فإن نظرية الأصل غير الحيوي للهيدروكربونات تقترح توليداً عميقاً دون 200 كيلومتر.

لكن مع ذلك فإن معظم الجيولوجيين والجيوكيميائيين يدعمون النظرية الحيويـــة لتكوين البترول ويعتبرون النفط الخـــام والغاز الطبيعي نتاج ضغط وتسخين الغطاء النباتي القديم عبر الزمن الجيولوجي، على الرغم من أن كيمياء تحويل المادة العضوية إلى بترول ليســـت مفهومـــة جيداً وهي تخمينية إلى حد كبـــير (Brooks ، Snowdon and Powell,1982 ، Tissot and Weite,1978 and Weite,1984 ، Speight,2007a). على مدى آلاف السنين ، اختلطت هذه المـــادة العضوية (وهي بقايا الحيوانات البحريـــة والنباتات الأرضية المتحللة في عصور ما قبل التاريخ) بالطين ودُفنت تحت طبقات رســـوبية سميكة من المواد، وفي حين أن درجات الحرارة الدنيـــا والقصوى لم يتم تحديدها بالكامل أو إثباتها بشكل قاطع، فقد تســـببت الحرارة والضغط في تحول البقايا أولاً إلى مادة تعرف بالبترول الأولي ثم إلى الهيدروكربونات السائلة والغازية عن طريق عملية النضج (التوليد) (Califet and Oudin, 1988; Barker and Wang,1966; Speight, 2007a)، ثم هاجرت الهيدروكربونات السائلة والغازية عبر طبقات الصخور المجاورة حتى حوصرت تحت الأرض في تشكيلات صخرية مسامية أو مكامـــن. تتطلب تراكمات الهيدروكربونـــات في المكمن أن يكون لصخر

المكمن قدرة نقل السوائل (النفاذية) وتخزين السوائل (المسامية) بالإضافة إلى صخر قاعدي غير منفذ وغطاء صخري غير منفذ لمنع تسربها.

تتضمن الحجج ضد النظرية غير الحيويـة العديد من المؤشرات الحيوية التي تم العثـور عليها في جميع عينات جميع تراكمـات النفط والغاز التي تم العثور عليها حتى الآن، والرأي السائد بين الجيولوجيين ومهندسي البترول هو أن هذا الدليل يقـدم برهاناً دامغاً على أن تراكمات النفط والغاز التي وجدت حتى الآن لها أصل بيولوجي.

إن تركيبة السلائف لها تأثير كبير في تكوين البترول والكميات النسبية لهذه السلائف (تعتمد على النباتات والحيوانات المحلية) التي حدثت في مادة المصـدر أضافت متغيراً آخر إلى تكوين النفط المُنتَج، ومن ثم فإنه ليس من المسـتغرب أن تختلف تركيبة البترول باختلاف موقع الحقل وعمره، بالإضافة إلى أي اختلافات تحدث مع عمق البـئر الفردية، ومن المرجح أن تنتج بئرين متجاورتين البترول بخصائص مختلفة للغاية.

2-2: المكامن

يلعـب موقع المكمن وهيكله دوراً مهماً في اقتصاديات النفط الخام - حتى أن البعض قد يقول أنه الدور الأكثر أهمية.

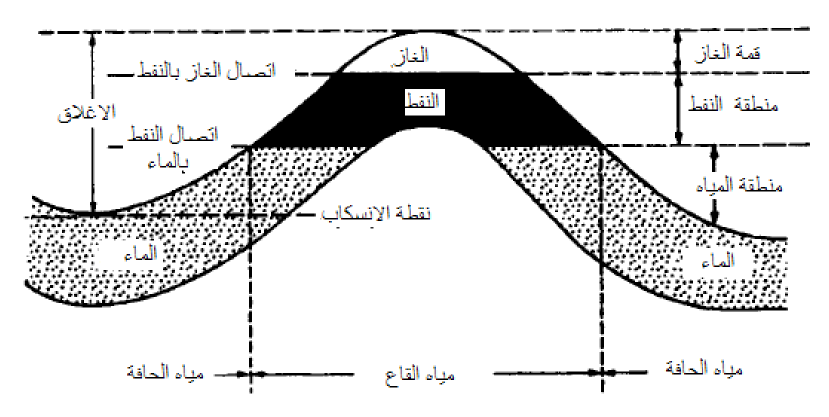
إن المكمن هو أي طبقة مسـامية ونفاذة لتخزيـن النفط الخام وصخور المكمن الجد شـائعة هي عبارة عن حجر جيري مسـامي أو مكسور (خاصة للشـعاب المرجانية من النوع الحيوي)، ولقد تم العثور على العديد من هياكل المكامـن هذه في جميع أنحاء الأرض. إن معظم صخـور المكامن هي عبارة عن صخور رسـوبية، وغالباً ما تكون حبيبات الصخور الرسـوبية خشنة: الرمل والحجـر الرملي والحجر الجـيري والدولوميت، وأن المكمن الأقل شـيوعاً هو السجيل النفطي المكسور أو حتى الصخور النارية أو الصخور المتحولة. نادراً ما يعمل السـجيل shale كصخر مكمن، ومرة أخرى فإن الكسور وغيرها من

الفتحات الواسعة نسبياً يُعتقد أنها تمنح المكمن خصائصه المطلوبة، وعلى خلاف ذلك فهي صخور غير مناسبة.

2-2-1: هيكل المكمن

عادة ما توجد تراكمات البترول في الارتفاعات الهيكلية (بشكل خط منحني)، إذ يتم تغطية صخور المكمن ذات المسامية والنفاذية المناسبة بصخور غطاء كتيم cap rock كثيفة وغير منفذة نسبياً، من مثل المبخرات أو السجيل. يُعرف صخر المكمن المحكم بإحكام بواسطة صخرة الغطاء في وضع من مثل هذا الارتفاع الجيولوجي (أي الخط المنحني) باسم مصيدة البترول الهيكلية structural petroleum trap (الشكل 2-2). تُعرف كذلك بمصائد طبقات الأرض (أو المصائد الستراتيغرافية stratigraphie traps) وهي تظهر في مجالات مختلفة، وفي جميع الحالات فإن التغييرات في النفاذية والمسامية تحدد موقع تراكم النفط و / أو تراكم الغاز، وقد يكون طول هذه التراكمات عدة أميال.

تتشكل المصائد الهيكلية نتيجة لتشوه طبقة الصخور التي تحتوي على الهيدروكربونات، وأن الخطوط المنحنية والقباب والطيات هي هياكل شائعة، ويمكن أيضاً تصنيف الميزات المتعلقة بالصدوع على أنها مصائد هيكلية في حال وجود إغلاق. إن المصائد الهيكلية هي الأسهل في تحديد موقعها عن طريق الدراسات الجيولوجية والجيوفيزيائية السطحية وتحت السطحية، وهي الأكثر عدداً من بين المصائد، وقد حظيت بقدر أكبر من الاهتمام في البحث عن النفط أكثر من جميع الأنواع الأخرى من المصائد، ومن ناحية أخرى فإن مصائد طبقات الأرض تتشكل عندما تغلق طبقات أخرى طبقة مكمن أو عندما تتغير الواجهة (تغيير في نوع الصخور) في داخل طبقة المكمن نفسها، مما يؤدي إلى تغيير في النفاذية ووقف تدفق السوائل.



الشكل 2-2: مصيدة نفطية نموذجية

إن أبسط شكل من أشكال المصيدة الهيكلية هو الخط المنحني والقبة، ولكل منهما سطح علوي محدب (الشكل 2-2)، ويتم حجز العديد من تراكمات النفط والغاز في خطوط أو قباب، وهي هياكل يمكن اكتشافها بشكل عام أكثر سهولة من البعض من أنواع المصائد الأخرى، وهناك أيضاً أمثلة على أن صخرة المكمن تنفصل عند نهايتها العليا كسمة ترسيبية أصلية بسبب التباين الجانبي في الترسب أو المتاخمة لسطح أرض قديم (مصيدة طبقات). إن المصائد المرتبطة بتسلل الملح هي من أنواع مختلفة، ويمكن أن تعمل الشعاب من الحجر الجيري أيضاً كصخور مكمن وتؤدي إلى ظهور مصائد علوية من الشكل المعاكس للخط نتيجة للضغط التفاضلي. أخيراً فإنه تُعرف أيضاً أمثلة تمتد فيها صخور المكمن إلى سطح الأرض ولكن يتم إغلاق النفط والغاز فيها عن طريق انسداد المسام بالقار أو الإسمنت الطبيعي، وأن العديد من المكامن تعرض أكثر من عامل من العوامل التي تسهم في حبس الهيدروكربونات.

غالباً ما يصعب تحديد التمييز بين المصيدة الهيكلية ومصيدة طبقات الأرض، فعلى سبيل المثال قد تكون المصيدة المضادة للانحلال مرتبطة بشُعب من الحجر الجيري المدفون، وقد تتدلى أسِرّة الحجر الرملي ضد خط منحني بسبب الاختلافات الترسيبية أو فترات التعرية المتقطعة، وأن قباب الملح التي تشكلت عن طريق تدفق الملح على أعماق كبيرة قد خلقت أيضاً العديد من المصائد التي تعد مصيدة هيكلية ومصيدة طبقية.

2-2-2: التراكم في المكامن

لجميع المقاصد والأغراض وللمراقب العرضي فإن الصخرة صلبة، لكن مع ذلك فإنه يمكن للصخر أن يمتلك القدرة على الاحتفاظ بالسائل بسبب التلامس غير المتكافئ بين الحبيبات المعدنية والفضاء الناتج (المسامية) في داخل الصخور.

يجب أن تمتلك صخور المكمن (عادةً ولكن ليس دائماً، الحجر الرملي) القدرة على الاحتفاظ بالسوائل (المسامية) وكذلك القدرة على نقل السوائل (النفاذية)، وأن مجموعة متنوعة من الفتحات الموجودة في الصخور مسؤولة عن هذه الخصائص في صخور المكمن، وأكثرها شيوعاً هي المسام بين الحبيبات التي تتكون منها الصخور أو التجاويف في داخل الأحافير، ولقد تشكلت الفتحات إما عن طريق التحلل أو الكسور والمفاصل التي تم إنشاؤها بطرائق مختلفة، وتختلف النسبة النسبية للأنواع المختلفة من الفتحات باختلاف نوع الصخور، ولكن عادةً ما تمثل المسام الجزء الأكبر من الفتحات، وأن المسامية الفعالة لتخزين النفط تنتج عن الفتحات المتصلة بشكل مستمر التي توافر خاصية النفاذية (قدرة الصخور على السماح بمرور السوائل)، وعلى الرغم من أن الصخر يجب أن يكون مسامياً حتى يكون منفذاً، فإنه لا توجد علاقة كمية بسيطة بين الاثنين.

تتراوح المسامية في صخور المكمن وبعامة من 5% إلى 30% ، بينما تتراوح النفاذية عادة بين 0.005 دارسي(*) وعدد من الدارسي، وتجدر الإشارة إلى أن المسام قد تكون و في أحسن الأحوال بعرض ملليمتر فحسب أو نحو ذلك، في حين أن تجاويف الأحافير والمحلول قد تكون في بعض الأحيان أكبر من 30 إلى 50 مرة، وربما لا يتجاوز عرض العديد من المفاصل والكسور ملليمتراً على الرغم من أنها قد تمتد لمسافات طويلة.

(*) إن الدارسي Darcy (أو وحدة دارسي) وميليدارسي (md أو mD) هي وحدات لقياس النفاذية، وقد سميت بإسم هينري دارسي Henry Darcy، وتستخدم على نطاق واسع في هندسة البترول والجيولوجيا.

توجد التراكمات البترولية وبعامة في صخور خشـــنة الحبيبات ومسامية ونفـــاذة تحتوي على القليل من المواد العضوية غـــير القابلة للذوبان أو عديمة الذوبان، ومن المستبعد جداً أن يكون النفط قد نشأ من مادة عضوية لم يبق لها أثر حتى الآن، وبدلاً من ذلك فإنـــه يبدو أن المكونات البترولية تتولد من خلال العمل الجيوكيميائي على المخلفات العضوية التي توجد عادة في الصخور الرســـوبية الدقيقة. بالإضافة إلى ذلك، قد يُتوقع أن البعض من المواد العضوية ستتغير أيضاً بشـــكل كافٍ من المادة العضوية الأصلية لتظل في الرواسب عبر مرحلة توليد الزيت وما بعدها، ومن ثم يُفترض وبعامة أن مكان منشأ النفط والغـــاز غير مطابق للمواقـــع التي يوجد فيهـــا، وكان على النفط أن يهاجر إلى المكامن الحالية من مكانه الأصلي.

عندما تترســـب الرواســـب من مثل الطين والصلصـــال فإنها تحتوي على الماء، ومع تراكم طبقات الرواسب يتسبب الحمل المتزايد للمواد في انضغاط الرواســـب ويطرد جـــزء من الماء من المســـام، ومن المحتمـــل أن يبدأ هجرة النفط في هذه المرحلة وقد يتضمن مكونـــاً أفقياً كبيراً. في البداية قد تكون الهيدروكربونات النفطية موجودة في الماء، إما معلقة على شـــكل كريات صغيرة أو مذابة مع ذوبان الهيدروكربونات قليلاً في الماء، وأن فقدان الهيدروكربونات من المصيدة يشار إليه بإسم التفكيك dismigration.

لكن مـــع ذلك فإن العمليات التي يهاجر فيها البترول إلى برك ليســـت محددة جيداً وهي تخمينية (الجدول 2-2)، ولكن من المعروف أن النفط الخام والغاز يظهران في برك أو حقول يشغل فيها النفط أو الغاز مساحة مسامية في الصخور. إن عدداً من البرك قد يكون كبيراً ويمتد بشـــكل جانبي على عدة كيلومـــترات مربعة، ويتراوح المدى الرأسي لهذه البرك من عدة أمتار إلى عدة مئات من الأمتار. أدى النفط الخام أو الغاز الذي يشـــغل مســـاحة المسام في البركة إلى إزاحة المياه التي كانت موجودة في البداية في المسام، ومن ثم فإن وجود تجمع من النفط أو الغاز يعـــني أن النفط أو الغاز قد هاجر إلى البركة، وضمن البركة فإنه قد يكون هناك مرحلة واحدة (نفط وغاز مذاب في الماء) أو نظام مائع متعدد الأطوار (مراحل منفصلة من الماء والهيدروكربون).

الجدول 2-2: الآليات العامة لانتقال البترول

الحدث الجيولوجي	تأثير الهجرة
تطوير الحوض	تدفق السوائل إلى أسفل
حوض ناضج	الرواسب تتحرك إلى أسفل
توليد الهيدروكربونات	التأثيرات الحرارية في رواسب المصدر
الهيدروكربونات تذوب	يصبح سائل المسام مشبعاً
تغيرات التدرج الجوفي الحراري	متساوي الحرارة المنخفضة
سوائل المسام باردة	تشكل الهيدروكربونات مرحلة منفصلة
الهيدروكربونات منفصلة	الانتقال إلى أعلى السائل الناقل (الماء)
رحلة الارتفاع	تأثير الطفو
صدع متقطع	هجرة الهيدروكربونات إلى المصائد

2-2-3: توزيع السوائل في المكمن

تكون الكثافة للغاز والبترول وبعامة الكثافة للأخير بين (عند 60 درجة فهرنهايت ، 15.6 درجة مئوية) الذي يتراوح من نحو 0.75 إلى 1.00 (من 57 درجة إلى 10 درجات API)، ومع الكثافة لمعظم النفوط الخام التي تقع في نطاق 0.80 إلى 0.95 (45 درجة إلى 17 درجة API)هو أقل بكثير من تلك الموجودة في مياه المسام المالحة (الكثافة: 1.0 إلى 1.2).

يعتمد توزيع السوائل في صخر مكمن على كثافة السوائل وكذلك على خصائص الصخور. إذا كانت المسام ذات حجم موحد وموزعة بالتساوي ، فهناك:

1 - منطقة عليا حيث تملأ المسام بشكل أساس بالغاز (غطاء الغاز).

2 - منطقة وسطى حيث يتم شغل المسام بشكل أساس بالنفط مع الغاز في المحلول.

3 - منطقة سفلية تملأ مساماتها بالماء.

يتواجد ما يقرب من 10% إلى 30% من الماء جنباً إلى جنب مع النفط في المنطقة الوسطى، وتوجد منطقة انتقالية من المسام التي تشغلها المياه بالكامل إلى المسام التي يشغلها النفط بشكل أساس في صخر المكمن، ويعتمد سُمك

هذه المنطقة على الكثافة والتوتر البيني للنفط والماء، وكذلك أحجام المسام. وبالمثل فإنه يوجد البعض من الماء في المسام في منطقة الغاز العليا التي تحتوي في قاعدتها على منطقة انتقالية من المسام التي يشغلها الغاز إلى حد كبير إلى المسام المملوءة بشكل أساس بالنفط.

يُعرف الماء الموجود في مناطق النفط والغاز عموماً بإسم المياه الخلالية interstitial water، وعادة ما يحدث على شكل أطواق حول ملامسات الحبوب من مثل ملء المسام بمجازات ضيقة وصغيرة بشكل غير عادي متصلة بالمسام المجاورة، أو إلى حد أقل كأغشية مبللة على سطح الحبيبات المعدنية عندما تكون الصخور مبللة بالماء بشكل مفضل، وقد يظهر الماء كأغشية مبللة أو أطواق حول حبيبات الرمل وكذلك في البعض من المسام المملوءة بالكامل.

2-2-4: هجرة سوائل المكامن

تفترض النظرية السائدة أنه مع زيادة سماكة الطبقات الرسوبية المتراكبة في طبقة المصدر، فقد زاد الضغط وتسبب ضغط طبقة المصدر في انتقال المواد العضوية السائلة إلى الرواسب ذات النفاذية العالية التي تكون وكقاعدة عامة هي الحجر الرملي (أو الحجر الجيري المسامي).

إن الهجرة الأولية هي حركة الهيدروكربونات من صخور المصدر الناضجة والغنية بالمواد العضوية إلى نقطة يمكن أن يتجمع فيها النفط والغاز كقطيرات أو كمرحلة مستمرة من الهيدروكربون السائل، وغالباً ما تُعزى الهجرة الثانوية إلى جوانب مختلفة من الطفو والديناميكا المائية (Schowalter, 1979; Barker, 1980) وهي حركة الهيدروكربونات كمرحلة سائلة مفردة ومستمرة من خلال الصخور المشبعة بالماء أو الكسور أو الصدوع التي يتبعها تراكم النفط والغاز في الرواسب (المصائد) التي يتم فيها منع المزيد من الهجرة منها.

من المعتقد أنه في أثناء الهجرة لا ينتقل البترول عبر الجزء الأكبر من الصخور غير المصدر والأجسام الصخرية ولكن من خلال الكسور والصدوع التي قد تكون على شكل شبكة قنوات تسمح بتسرب النفط والغاز من منطقة إلى أخرى. في أثناء هذا الانتقال فإنه قد يتغير تكوين النفط من

خلال أسباب فيزيائية من مثل الترشـيح والامتصاص بطريقة مماثلة للفصل الكروماتوجرافي Chromatographie للبترول، وأن التفاعلات مع المعادن من مثل عنصر الكبريـت أو حتى مع المعادن المحتويـة على الكبريت (من مثل الكبريتات) قد تحدث أيضاً.

لا تتطابـق أسِرة المصدر بعامة مع صخور المكمن وأن الاعتقاد السـائد هو أن البترول قبل أن يستقر في المصيدة يهاجر لمسافات كبيرة، وتُعرف أمثلة مختلفة للهجرة العمودية ويعد الترحيـل إلى الأعلى لبعض الكيلومترات أمراً ممكناً. لكن مع ذلك قد يكون العكس صحيحاً أيضاً، وأن النظرية الموضعية (تجاور طبقـة المصدر وصخور المكمن) تؤيد أن يهاجر البترول قليلاً جداً إن وجد، وحتى أن مقدار الهجرة الرأسية لا يكاد يذكر.

بمجـرد أن يتراكم النفط في صخر المكمن فإنه يُفترض أن تكون قوى الجاذبية هي المهيمنة، مما يتسـبب في فصل النفط والغاز والماء وفقاً لكثافاتهم النسـبية في الأجزاء العليا من المكمن (Landes, 1959)، فإذا كانت المسـام الموجودة في صخر المكمـن ذات حجم موحد وموزعة بالتسـاوي فإن هناك مناطق انتقالية من المسـام التي يشـغلها الماء بالكامل إلى المسام التي يشغلها النفط بشـكل أساس إلى المسام التي يشغلها الغاز بشكل أساس. تعتمد سماكة منطقة انتقال المـاء إلى النفط على الكثافة والتوتر البيني للنفط والماء وكذلك على حجم المسام. وبالمثل فإنه يوجد بعض الماء في المسام في منطقة الغاز العليا التي يوجد في قاعدتها منطقة انتقالية من المسـام التي يشـغلها الغاز إلى حد كبير إلى المسام التي يملأها النفط بشكل أساس.

تعمل صخور الغطاء الكتيـم cap rock والصخور القاعدية التي تكون غير منفذة بعامة (أو لها نفاذية أقل بكثير من صخور المكمن للنفط والغاز) كختم لمنع تسرب النفط والغاز من صخر المكمن، وأن صخور الغطاء والصخور السفلية النموذجية هي الطين والسجيل، أي الطبقات التي تكون فيها المسام أدق بكثير من تلك الموجودة في صخور المكمن، وبالإمكان أيضاً اسـتخدام الصخور الأخرى من مثل المرلmarl والحجر الجيري الكثيف كغطاء وصخور

قاعدية شريطة أن تكون أي مسـام جد صغيرة . هناك حالات تكون فيها المبخـرات (الملح والأنهيدريت والجبس) بمثابة مـواد مانعة للتسرب فعالة، وتتمـيز صخور الغطاء بنفاذية أقل بكثير مـن صخور المكمن، ولكن من الصحيـح أيضاً أن صخور الغطاء لها ضغوط شـعرية جـد عالية بينما تلك الموجـودة في صخور المكمـن أقل بكثير، وأن الضغط الشـعري هو الضغط المطلوب لإزاحة السـائل من الفتحات الموجودة في الصخر بواسطة سائل آخر غير قابل للامتزاج، ويعتمد ضغط الشـعيرات على حجـم الفتحات والتوتر البيني بين السائلين وزاوية التلامس للنظام.

2-2-5: تحول البترول في المكمن

يكون البترول عرضة للتغيير حتى بعد تجمعه في مكمن أو في رواسـب (Evans et al ، 1971)، وأن عمليـة التغيير مسـتمرة ويمكن أن يؤدي هذا التغيير إلى تغيير في جودة النفط خلال عمر المكمن، ومن ثم التأثير في سـعر النفـط، لذلك فإنه من المهم أن نتناول بإيجاز مسـألة تغيـير البترول بمجرد تراكمه في المكمن.

يتم قبول تغيير بترول المكمن لمعظم تراكمات النفط العالمية وقد يكون مرتبطاً بعدم الاستقرار النسبي للبترول، أو قد تكون المصائد عرضة للتوغل في العوامل الكيميائية من مثل الأوكسجين، وأن التأثيرات الفيزيائية من مثل تلك التي تحدث عندما يتغير مستوى دفن المصيدة نتيجة لمزيد من الهبوط أو التعرية اللذين قـد لعبا دوراً أيضاً في ذلك. إن أمثلة على التغيير الكيميائي هي النضج الحراري وإزالة الإسفلت والتحلل الجرثومي لنفط المكمن، وأمثلة على التغيير المادي للبترول هي الخسـارة التفضيلية للمكونات منخفضة الغليان عن طريق الانتشـار أو إضافة مكونات جديدة إلى النفط في المكان عن طريق هجرة هذه المكونات من مصدر خارج المكمن.

إن النضج الحراري للبترول في المكمن بسـبب التدرج الحراري الأرضي هو سلسـلة من التفاعلات غير المتناسـبة التي تؤدي إلى إنتاج الغازات من مثل الميثان والهيدروكربونات الخفيفة الأخرى (Evans et al, 1971)، وعادةً ما

يكون التدرج الحــراري الأرضي في حدود 25 إلى 30 درجة مئوية/كم (أي مــا يعادل 15 درجة فهرنهايت/1000 قدم أو 120 درجة مئوية/1000 قدم، أي ما يعادل 0.015 درجة مئوية لكل قدم من العمق أو 0.012 درجة مئوية لكل قدم من العمق)، أي ما يعادل درجة واحدة تقريباً لكل 100 قدم تحت السطح. قد يكون التدرج الموجود في درجة الحرارة رغم أنه ليس مرتفعاً بما يكفي للعديد من التفاعلات العضوية كافياً لهذه المهمة وذلك بالنظر إلى الوقت الجيولوجي، ومن ثم فإنه مع زيادة عمق المكمن فــإن هناك ميلاً لأن يصبح النفط الخام أخف من حيث أنه يحتوي على كميات متزايدة من الهيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي وكميات متناقصة من المكونات ذات الوزن الجزيئي الأعلى.

إن نزع الإسفلت هو ترسـيب مكونات الإسفلتين من النفوط الخام عن طريق الاختلاط أو الذوبــان في النفط بكميات كبيرة مــن الهيدروكربون الخفيــف و/ أو الهيدروكربونات الغازية التي تختلف من الميثان Methane إلى أيزومرات الهيبتان Heptane isomers المختلفة (Mitchell and Speight, 1973; Speight et al, 1984; Speight, 2007a). يمكــن أن يحدث نزع الإســفلت عندمــا يتم توليد كميات كبــيرة من الهيدروكربونــات ذات الوزن الجزيئي المنخفض بكميات كبيرة بســبب التغيير الحراري للنفــط أو نتيجة توغل الغــاز من الهجرة الثانوية، وغالباً ما يكون من الصعب التمييز بين التأثيرات الكلية لإزالة الإســفلت بالغاز عن تلك الناتجة عن النضج الحراري لأن كلا العمليتين تحدثان عادةً بشــكل متزامن ويكون التغيير الصافي في التركيب هو أن النفوط تصبح أخف وزناً (Evans et al,1971).

يعــد التغيير الجرثومي للنفط الخام والتغيير بســبب غســل الماء - إزالة المركبات القابلة للذوبان في الماء - طرائق شــائعة لتغيير البترول، وكثيراً ما يتم ملاحظة العمليتين معاً لأن كلاهما ناتج عن حركة المياه الجوفية، إن التدرج الحيوي للنفط الخام هو اســتخدام انتقائي لأنواع معينة من الهيدروكربونات بواســطة الكائنات الحية الدقيقــة (Evans *et al*, 1971; Bailey *et al*, 1973a; Bailey *et al*, 1973b;Deroo *et al*, 1974; Connan *et al*, 1975).

يمكن توقع حدوث التحلل البيولوجي وغسل المياه أينما كانت المكامن قريبة من السـطح وحيث يمكن الوصول إليها من المياه المشتقة من السطح، ومثـال على من مثل هذا التغيير في النفط الخام يعتمد على عينات النفط الخام من حوض غرب كندا الرسـوبي (Deroo et al., 1974)، وقد لوحظت تغيرات منهجية من ما يُعتقد أنه نفوط عادية غير متغيرة في المكامن العميقة إلى نفوط أثقل في المكامن الضحلة، ونفوط متغيرة بشـكل كبير جد قريبة من السـطح - ومكامـن الحجر الرملي المشـبعة بالنفوط الثقيلة من مثل رمال أثاباسـكا Athabasca النفطيـة، وهناك أيضاً حالات لزيـادة محتوى الكبريت في النفط الخام إلى جانب زيـادة التحلل البكتيري، ولم يتضح بعد ما إذا كان الكبريت يضاف إلى النفوط الخـام بفعل البكتيريا أو ما إذا كانت مركبات الكبريت لا تتعرض للهجوم من قبل البكتيريا ومن ثم تبقى بعد أن تخلص البكتيريا بشكل تفضيلي من شقوق الهيدروكربون.

2-2-6: علاقة تركيبة البترول وخواصه

من بين جميـع الخصائص والثقل النوعي أو الكثافـة من معهد البترول الأمريكي (API)، هي المتغير الذي يتم ملاحظته عادة، قد تعكس التغييرات ببسـاطة الاختلافات التركيبية من مثل محتوى البنزين أو محتوى الإسـفلت، لكن التحليل قد يُظهر أيضاً اختلافات كبيرة في محتوى الكبريت أو حتى في نسب أنواع الهيدروكربون المختلفة.

إن عنصر الكبريت هو مكون شائع للرواسب، فإذا كان موجوداً في صخر المكمن فإنه يذوب في النفط الخام ويتفاعل معه ببطء لإنتاج مركبات كبريتية مختلفة و/ أو كبريتيد الهيدروجين الذي قد يتفاعل بشـكل أكبر مع مكونات معينة من النفـط، ومن المحتمل أن تكون هذه التفاعلات مماثلة لتلك التي تحـدث في طبقة المصدر ويُفترض أنها مسـؤولة إلى حـد كبير عن المحتوى الكبريتي في البترول، وهذه التفاعلات مصحوبة بإعطاء اللون الغامق للنفط وزيادة كبيرة في الكثافة واللزوجة.

إن الاختــلاف في طبيعة النفط الخام مع عمق الدفــن هو موضع اهتمام أيضــاً، وغالباً ما تحدث زيــادة في المكونات الأخف وزنــاً وانخفاض الكثافة وانخفاض كمية مكونات الأوزان الجزيئية الأعلى مع زيادة عمق المكمن، ومن ثم فإن هناك احتمــالاً واضحاً إن لم يكن مؤكداً فإن الطابع الأصلي للبترول يمكن أن يتغير بشــكل كبير من خلال الأحداث التي تعقب عملية الهجرة. قد تلعب كل من الآليات المقترحة لهذا التغيــير (أي التغيير الحراري، وإزالة الإســفلت، والتغيير الحيوي) دوراً في تغيير نفط خام معين، وبالنسبة لاختيار آلية الترحيل فإن اختيار عملية التغيير الســائدة في الموقع يعتمد على الظروف الســائدة التي يخضع لها البترول، وقد تكون آليــة معينة للتغيير هي العامل الرئيس، أو قد تســهم جميعها في تحديد الطابع النهــائي للبترول، وأن العامل المحدد هو **خصوصية الموقع**.

3-2: تصنيف المكمن

باختصار فإن المكمن عبارة عن تكوين تحت الأرض مســامي ومنفصل يحتوي على تراكم طبيعي فــردي ومنفصل للهيدروكربونات القابلة للإنتاج (النفط و/ أو الغاز)، المحصورة بحواجز صخرية أو مائية ويتميز بنظام ضغط طبيعي واحد (الفصل الثاني).

إن المكمــن البترولي التقليدي (أي خط منحني) هو عبارة عن قبة أو قبو من صخور غير منفذة تتشكل من ثني أو تصدع طبقات الصخور أو ارتفاع قباب الملح مع وجود صخور نفاذة تحتها، وبعامة فإن طبقة من الغاز الطبيعي توجد في الجزء العلوي من القبة مع وجود البترول تحتها والمياه أو المحلول الملحي أسفلها ثم النفط. لكن مع ذلك فإن جميع المكامن لا تتمتع بالخصائص المذكورة أعلاه، وهناك أيضاً مكامن غير تقليدية أو مستمرة لا يُحبس فيها النفط كما هو موضح في أعلاه، لذلك يُعد توصيف المكمن جزءاً أساسياً من تكنولوجيا البترول وهو يوافر فهماً أو إشارة إلى الطريقة القابلة للتطبيق من أجل الاستخلاص.

إن توصيــف مكمن البترول هــو عملية تحديد خصائــص مكمن نفط معين وقياســها والتي تؤثر في توزيع السوائل وهجرتها في داخل ذلك المكمن،

ويتم التحكم في هذه الجوانب من خلال التاريخ الجيولوجي للمكمن، فضلاً عن ذلـك فإن الهدف النهائي لدراسة خصائص مكامـن الهيدروكربون هو تطويـر وصف فيزيائي معقول لمكمن معين. يمكن بعد ذلك استخدام هذا الوصف المادي كأساس لدراسات المحاكاة التي بدورها تُستخدم لتقييم فعالية ستراتيجيات الاستخلاص المختلفة، وغالباً ما يؤدي الوصف المادي الدقيق للمكمن إلى أقصى إنتاج للهيدروكربونات من المكمن، مما يؤدي إلى اتخاذ قرار بشأن الجدوى الاقتصادية للمكمن.

يبدو أن نوع المكمن الذي ينشأ منه وطريقة الاستخلاص هي الطريقة الأكثر ملاءمة لتصنيف البترول والنفط الثقيل وبيتومين رمال القار، ومن ثم فقد تـم تطوير مخطط تصنيف عام لمكامن البترول الموجودة في نظام معلومات الاستخلاص الثالثي للنفط TORIS التابع لوزارة الطاقة الأمريكية، ولقد أدى ذلـك إلى تصنيف ووصف 2300 من مكامـن النفط الخفيف (أكثر من 20 درجة API) تحتوي مجتمعة على 308 مليار برميـل من النفط الأصلي في المكان(Ray et al,1991).

من المتوقـع أن تُظهر المكامن ضمن الفئات المختلفة أنواعاً مميزة من عدم تجانس المكامن نتيجة لتاريخها الصخري والترسيبي المتشابه، وأن إنشاء الفئات الفرعية يساعد في تحليـل تأثير أحداث ما بعد الترسيب على عدم تجانس المكمن، مما يؤدي أيضاً إلى تقييم المكمن وإمكانية الجدوى الاقتصادية للمكمن.

كجـزء من رد الفعل على أزمة الطاقـة في عام 1975 ، كانت لجنة الأوراق المالية والبورصة في الولايات المتحدة (SEC) مهتمة فحسـب بالاحتياطيات المؤكدة (الفصل الرابع)، واستنتاجاً فهي كانت مهتمة فحسب بتلك المكامن التي تحتوي على احتياطيات مؤكدة.

بحسـب تعريف لجنة الأوراق المالية والبورصـات الأمريكية (SEC) للاحتياطيات، فإن المكامن معروفـة ومثبتة إذا كانت تحتوي على احتياطيات معروفة ومثبتة يمكن استخراجها بدرجة معقولة من اليقين في السـنوات المقبلة في ظل الظروف الاقتصادية والتشغيلية الحالية، ومن ثم فقد تم تصنيف

المكامن على أنها مثبتة إذا كانت الإنتاجية الاقتصادية مدعومة إما بالإنتاج الفعلي أو باختبار التكوين النهائي. فضلاً عن ذلك فإن مساحة المكمن التي تعتبر مثبتة تشمل جزء المكمن المحدد بالحفر، وقد تم أيضاً تضمين الأجزاء المجاورة مباشرة من المكمن التي لم يتم حفرها بعد ولكن يمكن الحكم عليها بشكل معقول على أنها مُنتجة اقتصادياً على أساس البيانات الجيولوجية والهندسية المتاحة.

بالإضافة إلى ذلك فإن المكامن التي يمكن أن تنتج النفط اقتصادياً من خلال تطبيق تقنيات الاستخلاص المحسّنة من مثل حقن السوائل، فإنه يتم تضمينها في تصنيف المكمن المثبت فحسب عند الاختبار الناجح من خلال مشروع تجريبي - أو تشغيل برنامج مثبت في المكمن - دعم التحليل الهندسي الذي قام عليه المشروع أو البرنامج.

إن المكامن التي تم اعتبارها مثبتة لا تشمل المكامن التي تحتوي على النفط الخام الذي قد يتوافر من المكامن المعروفة، ولكن يتم تصنيفها بشكل منفصل على أنها احتياطيات إضافية محددة، ولقد تضمنت المكامن غير المؤكدة أيضاً مكامن تحتوي على النفط الخام، إذ يخضع استخراج النفط الخام لشك معقول بسبب عدم اليقين فيما يتعلق بالجيولوجيا أو خصائص المكامن أو العوامل الاقتصادية، وبالطبع فإنه يتم تضمين الآبار النفطية المستقبلية غير المحفورة أيضاً في فئة المكامن غير المثبتة.

باختصار فإن المكامن المطورة المؤكدة (كما تم استنتاجها من تصنيف لجنة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية للاحتياطيات) هي تلك الاحتياطيات التي تنتج النفط من الآبار الموجودة بالمعدات الموجودة وطرائق التشغيل السائدة.

من ناحية أخرى، فإن الاحتياطيات المؤكدة غير المطورة هي المكامن التي من المتوقع أن يتم استخراج النفط الخام منها من الآبار الجديدة على مساحة غير محفورة، أو من الآبار الموجودة إذ يلزم إنفاق كبير نسبياً لإعادة استكمال المكمن.

يمكن الادعاء بأن المكامن غير المحفورة قد تم إثباتها فحسب إذ يمكن إثبات استمرار الإنتاج من تكوين المكمن المُنتج الحالي، ولا ينبغي بأي حال

مـــن الأحوال أن تُعزى تقديرات المكامن غير المطورة المثبتة إلى أي مكمن يتم فيه التفكير في تطبيق حقن الســـوائل أو أي تقنية اســـتخلاص محسنة أخرى مـــا لم تكن هذه التقنيات قد أثبتت فعاليتهـــا، وذلك من خلال الاختبارات الفعلية في المنطقة وفي المكمن نفسه.

فضـــلاً عن ذلـــك فـــإن لجنـــة الأوراق الماليـــة والبورصـــات تتطلب (SX Reg 210.4-10، 19 نوفمبر 1981، بصيغته المعدلة في 19 ســـبتمبر 1989) الالـــتزام بتعريفها لاحتياطيـــات النفط والغاز المؤكدة التي يمكن اشـــتقاق تصنيف المكامن منها، ومن ثم فإن المكامن المؤكدة هي تلك المكامن التي تحتوي على كميات مقدرة من النفط الخام التي تظهر البيانات الجيولوجية والهندسية بدرجـــة معقولة من اليقين أنها قابلة للاســـتخراج في الســـنوات المقبلة من المكامن المعروفة في ظل الظروف الاقتصادية والتشـــغيلية الحالية، أي الأسعار والتكاليف اعتباراً من تاريخ إجراء التقدير، وتشمل الأسعار اعتبار التغييرات في الأســـعار الحالية المقدمة فحســـب من خلال الترتيبات التعاقدية، ولكن ليس على التصاعد بناءً على الظروف المستقبلية.

تُعد المكامن مثبتة إذا كانـــت الإنتاجية الاقتصادية مدعومة إما بالإنتاج الفعلي أو باختبار التكوين النهائي، وتشـــمل مســـاحة المكمن المعتبرة المثبتة ذلك الجـــزء المحدد بالحفر والمُحدّد من خلال ملامســـات الغاز والنفط و / أو النفـــط والمياه إن وجدت، والأجزاء المجاورة مباشرة التي لم يتم حفرها بعد التي يمكن الحكم بها بشكل معقول على أنها منتجة اقتصادياً على أساس من البيانات الجيولوجية والهندســـية المتاحة، وفي حـــال عدم وجود معلومات عن ملامسات الســـوائل فإن أدنى ظهور هيكلي معروف للهيدروكربونات يتحكم في الحد الأدنى المؤكد للمكمن.

يتم تضمين المكامن التي يمكن إنتاج النفط الخام منها اقتصادياً من خلال تطبيق تقنيات الاستخلاص المحسّنة، من مثل حقن السوائل في التصنيف المثبت عند الاختبار الناجح بواسطة مشروع تجريبي أو تشغيل برنامج مركب في المكمن، مما يوافر الدعم لـ التحليل الهندسي الذي استند إليه المشروع أو البرنامج.

فضلاً عن ذلك فإنه لا يتم تضمين المكامن في الفئة المثبتة عندما تتضمن تقديرات احتياطيات النفط الخام في تلك المكامن النفط الخام الذي قد يصبح متاحاً من المكامن المعروفة، ولكن يتم تصنيفها بشكل منفصل كاحتياطيات إضافية محددة عندما يكون استخراج النفط الخام موضع شك معقول، وذلك بسبب عدم اليقين فيما يتعلق بالجيولوجيا وخصائص المكامن أو العوامل الاقتصادية والنفط الخام الذي قد يحدث في الآفاق النفطية المستقبلية غير المحفورة.

تحتوي المكامن المطورة المؤكدة على احتياطيات نفطية مطورة مؤكدة يمكن استخراجها من خلال الآبار الموجودة بالمعدات وأساليب التشغيل الموجودة، وتحتوي هذه المكامن أيضاً على نفط خام إضافي يتم الحصول عليه من خلال تطبيق حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المحسّنة الأخرى لتكملة القوى الطبيعية وآليات الاستخلاص الأولي. لكن مع ذلك فإنه يجب أن تكون هذه المكامن قد تم اختبارها بنجاح لإنتاج النفط الخام من خلال مشروع تجريبي، أو بعد تأكيد تشغيل برنامج مُركب من خلال استجابة الإنتاج أنه سيتم تحقيق زيادة في الاستخلاص من المكمن.

إن المكامن غير المطورة المؤكدة هي المكامن التي تحتوي على احتياطيات نفط غير مطورة مؤكدة، التي من المتوقع استخلاصها من الآبار الجديدة على مساحة غير محفورة أو من الآبار الموجودة إذ يلزم الأمر إنفاق كبير نسبياً لإعادة الإكمال، لكن مع ذلك فإن المكامن غير المحفورة تقتصر على تلك المكامن المؤكدة بشكل معقول من الإنتاج عند الحفر. لا يمكن المطالبة بالاحتياطيات المؤكدة لمكامن أخرى غير محفورة إلا في الأماكن التي يمكن إثباتها على وجه اليقين أن هناك استمرارية الإنتاج من تكوين المكمن المنتج الحالي، وتحت أي ظرف من الظروف فإنه لا ينبغي إدراج مكمن يحتوي على احتياطيات غير مطورة في تقدير الاحتياطي ما لم يتم التفكير في تطبيق حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المحسنة الأخرى وكذلك ما لم يتم إثبات فعالية هذه التقنيات من خلال الاختبارات الفعلية في المنطقة وفي المكمن نفسه.

إن المكامن التي تحتوي على احتياطيات محتملة من النفط الخام هي مكامن تحتوي على كميات تقديرية من النفط الخام، التي تشـير البيانات الجيولوجية والهندسـية إلى أنها قابلة للاستخلاص تجارياً، ولكن هناك عدم يقين بشأن هذه البيانات يحول دون تصنيف هذه الاحتياطيات على أنها احتياطيات مؤكدة.

إن درجة المخاطـرة في الاعتماد على قدرات المكمـن بناءً على تقديرات الاحتياطيـات المحتملة أكـبر من مخاطر المكامن التي تحتـوي على تقديرات للاحتياطيات المؤكدة.

أخيراً فـإن المكامن التي تحتوي على احتياطيات محتملة من النفط الخام هي تلك المكامن التي تستند فيها الكميات المقدرة من النفط الخام إلى بيانات جيولوجية وهندسية محدودة، وهي قابلة للاستردادخلاص تجارياً ولكن هناك عدم يقين بشأن هذه البيانات يحول دون تصنيف هذه الاحتياطيات والمكامن على أنها احتياطيات محتملة.

إن درجة المخاطـرة في الاعتماد على قدرات المكمـن بناءً على تقديرات الاحتياطيات المحتملة هي أكـبر من مخاطر المكامن التي تحتوي على تقديرات للاحتياطيات المحتملة.

4-2: تقييم المكمن

إن أحد المتطلبات الأساسـية للدراسـات الأولية للمكمـن هو تقديم شـهادات لاحتياطيات النفط والغـاز ومواردهما - أو تقييـم المكمن، وتُعد التحليلات الجيولوجيـة والجيوكيميائية للهيدروكربونـات والمواد العضوية في صخور المصدر أمور حاسـمة في استكشـاف الهيدروكربونات وفي فحص مدى مكامن الهيدروكربونات واستمراريتها، وبالإمكان ربط الهيدروكربونات بصخور المصدر للتحقق من نتائج نمذجة الحوض.

عادةً ما يتم تقسـيم تقدير احتياطيات النفـط الخام (الفصل الأول) إلى مكونين: (1) إجمالي الاحتياطيات الموجودة في المكمن التي تسـمى عادةً بالمورد، و (2) الاحتياطيات القابلة للاسـتخراج - جزء المورد الذي هو واعتباراً من

تاريخ حســـاب الاحتياطيات ذو كفاءة اقتصادية مع مراعاة ظروف الســـوق والاســـتخدام الرشيد لمعدات الاســـتخراج الحديث وتقنياته، وسيتغير تقدير الاحتياطي مع سعر النفط وتطور تقنيات الاستخلاص الجديدة الأكثر كفاءة.

ومن ثم فإن الهدف الأول والأهم للمشـــغلين هـــو تحديد مكمن يحتوي على أقـــل عدد ممكن من الآبار، وأن عمال الحفر بحاجة إلى الحصول على أكبر قدر ممكن من البيانات لتحديد معالم المكمن واستقراءها مكانياً عبر الحقل لتقييم المكمن اقتصادياً وتخطيط أفضل طريقة للإنتاج.

إن نقطة النهاية هي المعرفة التي ســـتؤدي إلى انخفاض تكاليف الإنتاج وزيادة الاحتياطيات القابلة للاستخراج.

2-4-1: الموارد القابلة للنضوب والموارد المتجددة

هناك مفاهيم عدة منفصلة تستخدم لتصنيف مخزون الموارد المستنفدة.

إن المورد القابل للنضوب هو مورد (النفط الخام والغاز الطبيعي في السياق الحـــالي) بالإمكان تجاهل حلقة ردود الفعـــل للتغذية الطبيعية له بأمان، ومع الموارد المســـتنفدة والتخزين من مثل احتياطي البترول الستراتيجي فإنه يوافر طريقة لإطالة العمر الاقتصادي للمورد، ومن ناحية أخرى فإن المورد المتجدد (من مثل الكتلة الحيوية) هو مـــورد ذو معدل تجديد طبيعي يزيد مخزونه (أو الكتلة الحيوية) بمعدل لا يُهمل.

إن الاحتياطيات الحالية هي تلك الموارد التي يمكن اســـتخراجها بشكل مربح بالأسعار الجارية، وعلى الرغم من أن الاحتياطي الحالي يُعطى عادةً كرقم إلا أنه يتقلب عادةً مع الأسعار، إذ تشير الاحتياطيات المحتملة إلى العلاقة بين ســـعر الســـوق للمورد وكمية المورد التي يمكن استخراجها بشكل مربح بهذا السعر، فكلما ارتفع السعر زاد حجم الاحتياطيات المحتملة.

إن هبات الموارد هو التواجد الطبيعي للموارد في قشرة الأرض الذي يوافر حداً أعلى للمـــوارد المتاحة (الأرضية)، أخيراً فإن مؤشر الاحتياطي الثابت هو نسبة الاحتياطيات الحالية إلى الاســـتهلاك الحالي ويتم التعبير عنه من حيث

عدد السنوات التي سيستمر فيها مورد معين. لكن مع ذلك فإن هذا المؤشر يكون دقيقاً في حال (1) استمر معدل الاستهلاك عند مستواه الحالي، و (2) لم تحدث إضافات جديدة للاحتياطيات خلال الفترة الفاصلة.

2-4-2: تنمية الموارد

عند استقراء الموارد البترولية وتطويرها فإن الخصائص المهمة هي المسامية والتشبع والكيمياء والتنقل، وهناك سعي للحصول على المعلومات الآتية:

1 - مسامية صخر المكمن وما إذا كانت هناك مسامية كافية للسائل في الوجود أم لا.

2 - أنواع السوائل في المكمن.

3 - مدى التشبع النفطي، أي مدى امتلاء المسامية بالنفط.

4 - تنقل النفط.

لا يمكن قياس أي مما سبق بشكل مباشر، ويتم قياسها بالاقتران مع عدد من المعلمات الأخرى، فعلى سبيل المثال يحدد حقن التيار الكهربائي وقياس استجابة الجهد المقاومة الكهربائية - وهي الخاصية التي تصف قدرة المادة على دعم عملية نقل الشحنة. يصف قانون أرشي Archie's law العلاقة بين المقاومة (الكهربائية) والمسامية وتشبع السوائل والطبيعة الإسمنتية للصخور، وفي تقييم مكامن البترول فإن هذه البيانات لها آثار وعواقب كبيرة في استخراج النفط ومئات الملايين من الدولارات قد تكون في خطر وتخضع لتفسير هذه البيانات.

إن الاتجاه الحالي لتقييم المكمن هو الإفصاح الكامل لتزويد المستثمرين بفهم أفضل لعوامل الخطر الأساسية ونطاق عدم اليقين في قيم الاحتياطي وتوقعات الإنتاج، على سبيل المثال قد يكون لدى الشركة إمكانات استكشافية يمكن أن تمثل اتجاهاً تصاعدياً كبيراً، ولكن لا يمكن إدراج الهيدروكربونات المرتبطة بالمكامن ضمن قيود قواعد تبادل الأوراق المالية الخاصة بتقييم الاحتياطي القياسي، ولا يمكن للمقيمين إنشاء احتياطيات، ومن المستحسن أن يتم نشر تقرير منفصل لتقييم الاحتياطيات المحتملة وتقديم رأي مستقل

فيما يتعلق بإمكانية الاستكشاف التصاعدي للأراضي غير المحفورة، وأن مفهوم تقرير القيمة هذا يدعو إلى تزويد المستثمر بأكثر من الحد الأدنى من المعلومات المطلوبة للإفصاح العام. على سبيل المثال كان قد تقطعت السبل بالاحتياطي بسبب نقص المرافق، ولا يتم إعطاء أي قيمة اقتصادية ، لكن مع ذلك فإن هناك قيمة للمستثمر الذي لديه خطة طويلة الأجل ويمكنه الانتظار سنوات عدة حتى يتم تطوير البنية التحتية، وفي الواقع فإن التقارير السنوية والبيانات الصحفية تُعد وإلى حد ما تقارير قيمة، وسيوفر تقرير مستقل قدراً أكبر من اليقين للمستثمر وسعر سهم أكثر ثباتاً لشركة النفط.

2-4-3: تقنية التقييم الجديدة

إن طرائق التقييم المباشر (أي تحليل الانخفاض) لها قابلية تطبيق محدودة، وبخاصة فإن تحليل الانخفاض يفترض تدفق الحالة المستقرة الزائفة للنفط الخام من البئر، ولقد تم تطوير العديد من النماذج مع وضع ذلك في الاعتبار، لكن أهداف الدراسة لا يتم تحديدها بوضوح دائماً قبل بدء أي عمل، ومن السهل الوقوع في فخ بناء نموذج يحاول دمج كل جانب من جوانب نظام تجميع النفط الخام بحيث يمكن للجميع استخدامه للتنبؤ بأي سيناريو محتمل، وعادةً ما تكون النتيجة أنموذجاً ينتظر دائماً المزيد من البيانات أو أنموذجاً معقداً للغاية ويتطلب بيانات الإدخال - خاصة المراجعات - بحيث تعاني جودة الأنموذج لكي تلبي كمية بيانات الإدخال.

إن تحديد مجموعة من الأهداف ليس دائماً هو مهمة سهلة، إذ يمكن لظروف محددة تغيير المنهجية المطلوبة بشكل جذري، ذلك أن عملية اتخاذ هذه القرارات تتطلب فهماً شاملاً للجوانب النظرية والعملية للاحتياطيات وإمكانية التسليم.

5-2: تقدير الاحتياطيات في المكان

يتم استخدام النفط من قبل أكثر من 200 دولة في العالم ولكن ما يقرب من 40 دولة فحسب معظمها من البلدان المصدرة للنفط تنتج كميات كبيرة، ومن المرجح أن تتغير الأرقام الدقيقة بسبب نضوب الموارد التي كانت هائلة في

السابق لأمريكا الشـــمالية وأمريكا الجنوبية الناتجة عن الاستخدام المحلي المتزايد للنفط من قبل العديد من المصدرين. سينخفض عدد البلدان المصدرة للنفط في خارج منطقة الشرق الأوســـط والاتحاد السوفيتي السابق في العقود القادمة، وهو ما سيقلل بشكل كبير من تنوع العرض للبلدان المستوردة للنفط (Hallock et al, 2004)، إن الزيـــادة في الاعتماد على النفط من بلدان الخليج العربي وبلدان غرب إفريقيا (وبخاصة نيجيريا) والاتحاد الســـوفيتي السابق لها العديد من الآثار الستراتيجية والاقتصادية والسياسية.

لم يتم تطوير التعريفـــات المقبولة عالمياً للعديد مـــن المصطلحات التي يستخدمها الجيولوجيون والمهندسون والمحاسبون وغيرهم للدلالة على المكونات المختلفة لموارد النفط الخام، وذلك لأن معظم هذه المصطلحات تصف الكميات المقدرة ومن ثم فهي غير مؤكدة وليست المقاسة. إن الشائع بخاصة هو الافتقار العام لفهم الاختلاف الجوهري بين المصطلحين الاحتياطيات والموارد (الفصل الأول)، كما سيتضح ذلك من سوء الاستخدام المتكرر لأي مصطلح بدلاً من الآخر.

تســـمى كمية النفط الموجودة في المكمن تحت الســـطحي بالنفط في المكان oil in place (OIP) ويمكن استخراج جزء بسيط فحسب من هذا النفط من المكمن ويسمى هذا الجزء بعامل الاستخلاص. إن الجزء الذي يمكن استخراجه يعتبر احتياطياً، في حين أن جزء النفط غير القابل للاستخراج (النفط المتبقي ، الفصل الأول) لا ينبغي تضمينه ما لم أو حتى يتم تنفيذ طرائق لإنتاجه.

هناك عدد من الطرائق المختلفة لحســـاب احتياطيات النفط، ويمكن تجميع هذه الطرائق في ثلاث فئات عامـــة: (1) الطرائق الحجمية، (2) طريقة موازنة المواد، و (3) طريقة منحنى الانخفاض أو طريقة أداء الإنتاج.

تحـــاول الطرائق الحجمية تحديد كمية النفط في مكانه باســـتخدام حجم المكمن وكذلك الخصائص الفيزيائية لصخور المكمن وسوائله، ثم يتم افتراض عامل الاستخلاص وذلك باستخدام الافتراضات من الحقول ذات الخصائص المتشابهة، ويتم ضرب كمية النفط الموجودة في عامل الاستخلاص للوصول إلى

رقم الاحتياطي. تتراوح عوامل الاستخلاص الحالية لحقول النفط حول العالم عادة بين 10% و 60% وأن البعض يزيد عن 80%. يرجع التباين الواسع إلى حد كبير إلى تنوع خصائص السوائل والمكمن في الرواسب المختلفة، وأن هذه الطريقة مفيدة للغاية في وقت مبكر من عمر المكمن قبل حدوث انتاج كبير.

تستخدم طريقة موازنة المواد لحقل النفط معادلة تتعلق بحجم النفط والماء والغاز المنتج من المكمن والتغير في ضغط المكمن لحساب النفط المتبقي، ويفترض أنه مع إنتاج السوائل من المكمن سيكون هناك تغيير في ضغط المكمن الذي يعتمد على الحجم المتبقي من النفط والغاز، تتطلب الطريقة تحليلاً مكثفاً للضغط والحجم ودرجة الحرارة وتاريخ ضغط دقيق للحقل، ويتطلب حدوث البعض من الإنتاج (عادةً 5% إلى 10% من الاستخلاص النهائي)، ما لم يكن بالإمكان استخدام سجل ضغط موثوق به من حقل له خصائص صخور وموائع مماثلة.

تستخدم طريقة منحنى الانخفاض بيانات الإنتاج لتلائم منحنى الانخفاض وتقدير إنتاج النفط في المستقبل، وأن الأشكال الثلاثة الأكثر شيوعاً لمنحنيات الانحدار هي الأسي والقطع الزائدي والتوافقي.

من المفترض أن الإنتاج سينخفض على شكل منحنى سلس إلى حد معقول، ومن ثم فإنه يجب تخصيص مخصصات للآبار المغلقة وقيود الإنتاج، ويمكن التعبير عن المنحنى رياضياً أو رسمه على شكل رسم بياني لتقدير الإنتاج المستقبلي، ويتميز بميزة تضمين جميع خصائص المكمن ضمنياً، ويتطلب تاريخاً كافياً لإنشاء اتجاه مهم إحصائياً بشكل مثالي عندما لا يتم تقليص الإنتاج بواسطة الظروف التنظيمية أو الظروف الاصطناعية الأخرى.

وبعامة فإن التقديرات الأولية لحجم حقول النفط المكتشفة حديثاً هي منخفضة للغاية، ومع مرور السنين تميل التقديرات المتتالية للانتعاش النهائي للحقول إلى الزيادة، وأن مصطلح نمو الاحتياطي يشير إلى الزيادات النموذجية في الاستخلاص النهائي المقدر الذي يحدث عندما يتم تطوير حقول النفط وتطوير إنتاجها.

أصبح نمو الاحتياطي الآن جزءاً مهماً من تقدير إجمالي الاحتياطيات المحتملة لمقاطعة ما أو دولة ما، ومع استمرار انخفاض احتياطيات النفط المعروفة في العالم فإنه سيكون هناك المزيد من الضغط على الجيولوجيين والمهندسين في صناعة النفط لجعل تقديرات الاحتياطي أكثر دقة من خلال تطبيق مفهوم نمو الاحتياطي، وفي الواقع فإنه يمكن تطبيق المفهوم حتى على الموارد غير المكتشفة مع البعض من المؤهلات فيما يتعلق بالمخاطر الكامنة.

تم إدخال نظام حصص الإنتاج القُطرية في الثمانينيات الذي يعتمد جزئياً على مستويات الاحتياطيات، وكانت هناك زيادات كبيرة في الاحتياطيات المبلغ عنها بين منتجي أوبك، ففي عام 1983 زادت الكويت احتياطياتها المؤكدة من 67 مليار برميل إلى 92 مليار برميل، وفي الفترة من 1985-1986 كانت دولة الإمارات العربية المتحدة قد ضاعفت احتياطياتها ثلاث مرات تقريباً من 33 مليار برميل إلى 97 مليار برميل. بينما رفعت المملكة العربية السعودية رقم احتياطيها المعلن في عام 1988 بنسبة 50% من عام 2001 إلى عام 2002، وكذلك فعلت إيران عندما رفعت حجم احتياطياتها المؤكدة بنحو 30% إلى 130 مليار برميل، مما جعلها تحتل المرتبة الثانية في الاحتياطيات وتأتي قبل العراق، ولقد نفت إيران الاتهامات بوجود دافع سياسي وراء إعادة التعديل، وقد عزت الزيادة بدلاً من ذلك إلى مزيج من الاكتشافات الجديدة وتحسين الانتعاش، ولم يتم تقديم أي تفاصيل حول كيفية حساب أي من الترقيات مما يترك شكوكاً حول صحة تقديرات الاحتياطيات الجديدة هذه (Campbell,1977، Campbell and Laherrère, 1998).

كانت المراجعات المفاجئة في احتياطيات أوبك التي يبلغ مجموعها نحو 300 مليار برميل مفاجئة، وأنه يتم الدفاع عن هذه الزيادة جزئياً من خلال التحول في ملكية الاحتياطيات بعيداً عن شركات النفط الدولية التي اضطر بعضها إلى الإبلاغ عن الاحتياطيات بموجب قواعد لجنة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية المحافظة.

زادت جميع البلدان الرئيسة المنتجة للنفط في أوبك احتياطياتها بشكل كبير وذلك على الرغم من حقيقة أنه لم يتم الإبلاغ عن اكتشافات مماثلة جديدة في هذه الفترة، ولقد كان السبب المقدم لإعادة تقييم الاحتياطيات هو أن تقديرات الاحتياطي كانت منخفضة للغاية في الماضي. قد يكون هذا الأمر مبرراً وذلك لأنه قبل تأميم صناعة النفط في هذه البلدان ربما كانت الشركات الخاصة تميل إلى عدم الإبلاغ عن الاحتياطيات وذلك لأسباب مالية وسياسية، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يتم تحديد حصص إنتاج أوبك وفقاً للاحتياطيات وأيضاً للعوامل الأخرى التي تعطي حافزاً لكل دولة للدفاع عن حصتها من خلال مواكبة الاحتياطيات، ويشار إلى من مثل هذه الاحتياطيات على أنها احتياطيات سياسية في هذا السياق (Zittel and Schindler, 2007).

وعلى أية حال فإنه لم يكن للتنقيحات في البيانات الرسمية علاقة كبيرة بالاكتشاف الفعلي لاحتياطيات جديدة، ولم يتغير إجمالي الاحتياطيات في العديد من بلدان أوبك في تسعينات القرن الماضي، فعلى سبيل المثال لم تتغير الاحتياطيات الرسمية في الكويت عند 96.5 مليار برميل على الرغم من أن البلاد أنتجت أكثر من 8 مليار برميل، وأنهم لم يقوموا بأي اكتشافات جديدة مهمة خلال تلك الفترة، كذلك فإن حالة المملكة العربية السعودية ملفتة للنظر أيضاً، إذ تُقدر الاحتياطيات المؤكدة بين 260 و 264 مليار برميل في الـ 18 عاماً الماضية وهو تباين أقل من 2%.

6-2: الاحتياطيات

فضلاً عن ذلك فإنه من النادر جداً أن لا يظهر البترول (باستثناء رواسب رمال القار) بدون غطاء غاز مصاحب (الشكل 2-2)، لذلك فإنه من المهم عند وصف احتياطيات النفط للإقرار أيضاً بظهور المواد الغازية وخصائصها المعروفة أكثر بإسم الغاز الطبيعي.

وفي الوقت الحالي فإن إمدادات النفط تشكل ما يقرب من 40% (الغاز الطبيعي 25%) من اجمالي الطاقة في العالم، وتشير معظم التقييمات المستقبلية إلى أن الطلب على النفط سيزداد بشكل كبير، وأن تنبؤات النقص الوشيك في

النفط هي تنبؤات قديمة قدم الصناعة نفســها ، وأن الأدبيات النفطية مليئة بالحجج بين المتفائلين والمتشــائمين حول كمية النفط المتوافرة وما هي الموارد الأخرى التي قد تكون متاحة، وهناك أربعة عوامل تؤثر في اقتصاديات إنتاج النفط واستخدامه التي يجب فهمها لتقييم توافر النفط في المستقبل:

1 - نوعية الاحتياطيات.

2 - كمية الاحتياطيات.

3 - الأنماط المحتملة لاستغلال المورد بمرور الوقت.

4 - من يستمد فوائده من النفط.

تقع غالبية احتياطيات النفط الخام الــتي تم تحديدها حتى الآن في عدد صغير نسبياً من الحقول الجد كبيرة المعروفة بإسم الحقول العملاقة، وفي الواقع فإن ما يقرب من ثلاثمائة من أكبر حقول النفط تحتوي على ما يقرب من 75% مــن النفط الخام المتاح. على الرغم من أن معظــم بلدان العالم تنتج على الأقل كميات ضئيلة من النفط، إلا أن التركيزات الأولية موجودة في المملكة العربية السعودية وروســيا والولايات المتحدة (بشكل رئيس في تكساس وكاليفورنيا ولويزيانا وألاسكا وأوكلاهوما وكانساس) وإيران والصين والنرويج والمكسيك وفنزويلا والعــراق وبريطانيا العظمى والإمارات العربيــة المتحدة ونيجيريا والكويت، وأن أكبر الاحتياطيات المعروفة هي في الشرق الأوسط.

تبقى الســمة المميزة لأســواق الطاقة العالمية هي أن لها أسعاراً مرتفعة ومتقلبة، مما يعكس توازناً وثيقاً بين العرض والطلب، وقد أدى ذلك إلى وضع قضايا من مثل أمن الطاقة وتجارة الطاقة والطاقات البديلة في صدارة الأجندة السياســية في جميع أنحاء العالم. في من مثل هذا الوقت فإن البيانات الموثوقة تعــد أداة لا تقدر بثمن لصانعي القرار والمحللين في داخل الصناعة وخارجها، ولقد تعثر النمو الاقتصادي العالمي نتيجة التقلبات في أسعار الطاقة واستمرت اضطرابات السوق التي بدأت في صيف عام 2008 وكان من المرجح لها أن تستمر لعام 2012 أو نحو ذلك.

كان سعر النفط في مســـار تصاعدي لأكثر من ســـت سنوات، ودخلت بعد ذلك الأســـعار في دوامة نحو انخفاض الضوء على الطبيعة المترابطة لأسواق الطاقة، وفي الواقع إنها مســـألة وقت فحسب قبل أن تقرر البلدان المستهلكة للطاقة أن الطريق للتغلب على هذا هو إنتاج الطاقة من مصادر أخرى وقد بدأ هذا بالفعل، وبمجرد حدوث ذلك فإن الأمر يصبح جوهرياً، وســـتكون أوبك تحت رحمة مستهلكي النفط.

تعد احتياطيات النفط الخام بعامة تلك الكميات التي تشـــير المعلومات الجيولوجيـــة والهندســـية إلى إمكانية اســـتخراجها في المســـتقبل من المكامن المعروفة في ظل الظروف الحالية، ولكنها تشـــمل أيضاً مكثفات الغاز وسوائل الغـــاز الطبيعي (NGLs) وكذلك النفط الخام (BP, 2010). وقد لا تتوافق هذه البيانات بالضرورة مع التعريفات والإرشادات والممارسات المستخدمة لتحديد الاحتياطيات المؤكدة على مســـتوى الشركة كما تم نشرها من قبل لجنة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية (BP, 2010).

تـــم تجميع تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي باســـتخدام مجموعة من المصادر الرســـمية الأولية وبيانات الطرف الثالث من Cedigaz وأمانة أوبك، ومرة أخرى قد لا تتوافق البيانات بالضرورة مع التعريفات والمبادئ التوجيهية والممارسات المستخدمة لتحديد الاحتياطيات المؤكدة في الشركة المستوى كما نشرته لجنة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية (BP, 2010).

2-6-1: البترول التقليدي

إن البترول هو خليط طبيعي مـــن الهيدروكربونات وهو بعامة يكون في حالة ســـائلة التي قد تشـــمل أيضاً مركبات من فلزات أوكســـجين نيتروجين الكبريت وعناصر أخرى (الفصل الأول)
.(Hsu and Robinson, 2006; Speight, 2007a, 2011)

ومن ثم فإن البترول والمصطلح المكافئ للنفط الخام يغطي مجموعة واسعة من المواد التي تتكون من مخاليط من الهيدروكربونات ومركبات أخرى تحتوي على كميات متغيرة من الكبريت والنيتروجين والأوكســـجين، التي قد تختلف

بشـــكل كبير في الكثافة، ومقياس API ، وكمية البقايـــا Hsu and Robinson, 2006; Speight, 2007, 2011))، وعادة ما توجد المكونات المحتوية على معادن ولا ســـيما المركبات التي تحتوي على الفاناديوم والنيكل في النفوط الخام الأكثر لزوجة بكميـــات تصل إلى عدة آلاف من الأجـــزاء في المليون، ويمكـن أن يكون لهـــا عواقب وخيمة في أثنـــاء معالجة هذه المواد الأوليـــة، ونظراً لأن البترول عبارة عن خليط من مكونات ونســـب متفاوتة على نطاق واسع، فإن خواصه الفيزيائية تختلف أيضاً على نطاق واســـع ويتنوع اللون من شبه عديم اللون إلى الأسود.

في أثناء وقت كتابة هذا التقريـــر، كانت احتياطيات النفط الخام العالمية في حـــدود 1.3 تريليون برميل، منها 28.4 مليار برميـــل في الولايات المتحدة الأمريكية أو نحو 2.1% من إجمالي الاحتياطيات العالمية (BP,2010).

تكـــون قيمة النفط منخفضة في حالته الخام، ولكن عند تكريره فإنه يوافر وقوداً سائلاً عالي القيمة ومذيبات ومواد تشحيم والعديد من المنتجات الأخرى، ويمكن فصل البترول الخام إلى مجموعة متنوعة من المشتقات العامة المختلفة عن طريق التقطير، وقد ارتبطت مصطلحات هذه المشتقات بالمنفعة وغالباً ما تكون لها علاقة قليلة بالتكوين.

كانت الولايات المتحدة تستورد ما يقرب من 65% من احتياجاتها اليومية من النفط الخام ومنتجات النفط الخـــام، وكما أظهرت الأحداث الأخيرة فإنه يبدو أن هناك القليل من الاتجاه فيما يتعلق باســـتقرار الإمداد أو أي مقياس للاكتفاء الذاتي في سلائف الوقود السائل، بخلاف اللجوء إلى العمل العسكري، وهذا مهم بخاصة لمصافي التكرير في الولايات المتحدة لأن انقطاع الإمدادات قد يتسبب في نقص كبير في توافر المواد الأولية.

تماشياً مع الاســـتخدام التفضيلي للنفط الخام الأخف بالإضافة إلى تأثير النضج في المكمن، فإن النفط الخام المتاح حالياً للمصفاة يختلف إلى حد ما من حيث التكوين والخصائص عن تلك النفوط المتوافرة منذ نحو 50 عاماً (Swain, 1991,1993,1997, 2000). تعـــد النفوط الخام الحالية أثقل إلى حد ما من حيث

أنها تحتوي على نسب أعلى من المكونات غير المتطايرة (الإسفلتية)، وفي الواقع فإنه وفقاً لمعايير الأعوام الماضية كان من الممكن تصنيف العديد من النفوط الخام المستخدمة على أنها مواد وسيطة ثقيلة، مع الأخذ في الاعتبار أنها قد لا تقترب من التعريفات المستخدمة اليوم للنفط الخام الثقيل، تتطلب التغييرات في خصائص المواد الأولية من مثل هذا الاتجاه إلى مواد أثقل وتعديلات على عمليات المصفاة للتعامل مع هذه النفوط الخام الثقيلة لتقليل كمية فحم الكوك المتكون في أثناء المعالجة ولموازنة قائمة المنتجات الإجمالية.

2-6-2: الغاز الطبيعي

إن الغاز الطبيعي هو الخليط الغازي المرتبط بمكامن البترول وهو غالباً ما يكون الميثان، ولكنه يحتوي على مركبات هيدروكربونية أخرى قابلة للاحتراق بالإضافة إلى مركبات غير هيدروكربونية (Speight, 1993; Mokhatab *et al,* 2006; Speight, 2007b)، وفي الواقع فإنه يُعتقد أن الغاز الطبيعي المصاحب هو الشكل الأكثر اقتصاداً للإيثان (Farry ، 1998)، وأن الغاز الطبيعي ليس له رائحة مميزة والاستخدام الرئيس له هو للوقود، ولكن يمكن استخدامه أيضاً في صناعة المواد الكيميائية وغاز البترول المسال.

كانت احتياطيات الغاز الطبيعي العالمية في حدود 6.6 كوادريليون قدم مكعب في وقت كتابة هذا التقرير، منها 244.7 تريليون قدم مكعب في الولايات المتحدة الأمريكية أو نحو 3.7 % من إجمالي الاحتياطيات العالمية (BP, 2010).

يجب أن نتذكر أيضاً أن قاعدة موارد الغاز الإجمالية هي من مثل أي وقود أحفوري أو قاعدة موارد معدنية تمليها الاقتصاديات، لذلك فإنه عند اقتباس بيانات الموارد يجب إيلاء بعض الاهتمام لتكلفة استخراج تلك الموارد، والأهم من ذلك يجب أن يتضمن الاقتصاد أيضاً عامل تكلفة يعكس الرغبة في تأمين استقلالية كاملة أو درجة معينة من استقلالية الطاقة.

هناك مصدرين جديدين وربما كبيرين للميثان يمكن توقعهما لزيادة توافر الغاز الطبيعي وهما هيدرات الميثان (وتسمى أيضاً هيدرات الغاز)

وميثان طبقة الفحم(Berecz and Balla-Achs, 1983; Sloan, 1997; Gudmundsson *et al,* 1998; Max, 2000; Sloan, 2000)، ولـــم يتم تطوير تقنيات إنتاجهم إلا مؤخـــراً وأن هذه المصادر أصبحت الآن قادرة على المنافسة اقتصادياً.

يتم أيضاً إنتاج الغازات الغنية بالميثان عن طريق التحلل اللاهوائي للمواد العضوية غير الأحفورية ويشـــار إليها بإسم الغاز الحيوي، تشمل مصادر الغاز الحيوي المســـتنقعات، والأهوار، ومدافن النفايات، بالإضافة إلى حمأة الصرف الصحي والسماد (Speight, 2008).

يعد الغاز الطبيعي مكوناً حيوياً لإمدادات الطاقة في العالم، وهو أحد أكثر مصادر الطاقة نظافة وأماناً وفائدة، لكن مع ذلك فإنه يجب أن نفهم أن لكلمة غاز مجموعة متنوعة من الاســـتخدامات والمعاني المختلفة، إذ يُطلق على وقود السيارات أيضاً اســـم الغاز (وهو نسخة مختصرة من البنزينgasoline)، لكن هذا وقود مختلف تماماً، فالغاز المســـتخدم في موقد الشـــواء هو في الواقع غاز البروبـــان (C_3H_8) الذي وعلى الرغم من ارتباطه الوثيق بالغاز الطبيعي والنفط والموجود بشكل شائع فيه، إلا أنه ليس غازاً طبيعياً حقاً.

2-6-3: النفط الثقيل

ومن ثم فإن المصطلح العام "النفط الثقيل" Heavy Oil فإنه غالباً ما يتم تطبيقه بشـــكل غير متسق على البترول الذي يقل فيه قياس API عن 20 درجة (الفصل الأول)، تصنف التعريفات الأخرى النفط الثقيل على أنه يحتوي على قيـــاس API أقل من 22 درجة، أو أقل من 25 درجة API، وعادة ولكن ليس دائماً فإن محتـــوى الكبريت أعلى من 2% من حيث الـــوزن (Ancheyta and Speight ، 2007). فضلاً عن ذلك فإنـــه على عكس النفوط الخام التقليدية، تكون النفوط الثقيلة أغمق في اللون وقد تكون ســـوداء، كما تم استخدام مصطلح النفط الثقيل بشـــكل تعســـفي لوصف كل من النفـــوط الثقيلة التي تتطلب تحفيزاً حرارياً للاســـتخلاص من المكمـــن والبيتومين في تكوينات

الرمل القاري (رمال القار) التي يتم استخراج المادة القيرية الثقيلة منها من خلال عملية التعدين.

يحتوي نصف الكرة الغربي على 69% من النفط الثقيل في العالم القابل للاستخراج تقنياً و 82% من القار الطبيعي القابل للاستخلاص تقنياً (Meyer and Attanasi, 2003)، وفي المقابل فإن نصف الكرة الشرقي يمتلك نحو 85% من احتياطي النفط الخفيف في العالم.

على افتراض أن النفط الثقيل هو نفط ذو كثافة أقل20 درجة API ، فإن مورد النفط الثقيل الأمريكي يقترب من 100 مليار برميل من النفط الأصلي في المكان (OOIP). يتركز المورد في 248 مكمنا كبيراً وتحتوي هذه المكامن على 80 مليار برميل من النفط الأصلي في المكان، وهي تقع بشكل أساس في كاليفورنيا وألاسكا ووايومنغ. تحتوي العديد من الولايات الأخرى من مثل أركنساس ولويزيانا وميسيسيبي وتكساس على كميات كبيرة من النفط الثقيل، وبعض موارد النفط الثقيل غير المطورة تكمن تحت الأراضي العامة، بما في ذلك الكثير من رواسب النفط الثقيل في ألاسكا.

إن أكبر تراكم للنفط الثقيل هو حزام النفط الثقيل الفنزويلي أورينوكو Orinoco الذي يحتوي على 90% من النفط الثقيل في العالم عند قياسه في الموقع، بالإضافة إلى نفط أورينوكو الثقيل للغاية فإن أمريكا الجنوبية تمتلك ما يقدر بنحو 40 مليار برميل من النفط الثقيل القابل للاستخراج تقنياً، بحيث يكون إجمالي 61% من النفط الثقيل المعروف القابل للاستخراج تقنياً في أمريكا الجنوبية، ومن بين 35 مليار برميل من النفط الثقيل يُقدر أنها قابلة للاستخراج تقنياً في أمريكا الشمالية فقد تم تخصيص نحو 7.7 مليار برميل لتراكمات إنتاج معروفة في الولايات الـ 48 الأدنى ، و 7 مليار برميل مخصصة للمنحدر الشمالي لألاسكا.

يصعب تقييم الإنتاج الحالي من النفط الثقيل بسبب التعريفات الفضفاضة المستخدمة، لكن مع ذلك فإنه باستخدام كثافة API كدليل، فقد تم حساب إنتاج النفط الثقيل في مختلف البلدان (الجدول 2-3).

الجدول 2-3 إنتاج النفط الثقيل بحسب البلدان

اسم البلد	مديات كثافة الخام API	برميل لكل يوم
البرازيل	11–20	250000
كندا	8–18	400000*
الصين	12–20	180000
كولومبيا	12–20	80000
الاكوادور	14–20	25000
مصر	12–20	55000
الهند	15–17	30000
إندونيسيا	15–20	35000
العراق	18	65000
المكسيك	12–20	340000
سلطنة عمان	15–20	35000
ترينيداد	15–20	55000
المملكة المتحدة	11–20	200000
الولايات المتحدة الأمريكية	9–19	320000
فينزويلا	17–20	629000
اليمن	19–20	15000

* يتضمن بيتومين رمال القار

Source: http://www.heavyoilinfo.com/blog-posts/world-wideheavy-oil-production/view

2-6-4: بيتومين رمال القار

تسمى رمال القار أيضاً بشكل مختلف من مثل الرمال النفطية oil sands أو الرمال البيتومينية bituminous sands (الفصل الأول)، وهي حجر رملي غير متماسك أو صخور كربونية مسامية مشربة بالبيتومين - وهي مادة إسفلتية عالية الغليان وذو لزوجة عالية للغاية وغير متحركة في ظروف المكمن وتختلف اختلافاً كبيراً عن البترول التقليدي (الفصل الأول) (Speight,1990,1997,2008). لذلك فإنه من الجدير بالذكر هنا حدوث هذه المواد وإمكانية توريدها، وعلى الصعيد الدولي فإن البيتومين الموجود في رواسب رمال القار يمثل مصدراً كبيراً للطاقة. لكن مع ذلك فإن العديد من الاحتياطيات متاحة فحسب مع القليل من الصعوبة وستكون سيناريوهات المصفاة الاختيارية ضرورية لتحويل هذه المواد إلى منتجات سائلة بسبب الاختلافات الجوهرية في الخصائص بين البترول التقليدي وبيتومين رمال القار (الجدول 2-4).

الجدول 2-4: مقارنة بين خواص بيتومين رمال القار (أثاباسكا) مع خواص النفط الخام التقليدي

الخاصية	البيتومين (Athabasca)	النفط الخام
كثافة معينة	1.01–1.03	0.85–0.90
كثافة API	5.8–8.6	25–35
اللزوجة ، cp		
38 درجة مئوية / 100 درجة فهرنهايت	750,000	<200
100 درجة مئوية / 212 درجة فهرنهايت	11,300	
نقطة الانسكاب درجة فهرنهايت	>50	ca. -20
التحليل الأولي (بالوزن%):		
الكربون	83	86
الهيدروجين	10.6	13.5
النتروجين	0.5	0.2
الأوكسجين	0.9	<0.5
الكبريت	4.9	<2.0
الرماد	0.8	0.0
النيكل (جزء في المليون)	250	<10.0
الفاناديوم (جزء في المليون)	100	<10.0
تكوين بالوزن. %)		
الإسفلتين (البنتان)	17	<10.0
الراتنجات	34	<20.0
العطريات	34	>30.0
المشبعة	15	>30.0
بقايا الكربون (بالوزن%)		
كونرادسون	14	<10.0

2-7 : References

-Ancheyta, J. Speight, J.G. 2007. Heavy Oils and Residua. Hydroprocessing of Heavy Oils and Residua, Jorge Ancheyta and James G. Speight (Editors). CRC-Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida. 2007.Chapter 1.

-Bailey, N.J.L., Jobson, A.M., and Rogers, M.A. 1973a. Chem. Geol. 11: 203 Bailey, N.J.L., Krouse, H.H., Evans, C.R., and Rogers, M.A. 1973b. Bull.Am. Assoc. Petroleum Geologists. 57:1276.

-Bailey, N.J.L., Evans, C.R., and Milner, C.W.D. 1974. Bull. Am. Assoc. Petroleum Geologists 58: 2284.

-Barker, C. 1980. Problems of Petroleum Migration W.H. Roberts and R.J. Cordell (Editors) Studies in Petroleum Geology. Bulletin No. No. 10.

American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.

-Barker, C , and Wang L. 1988. J. Anal. Appl. Pyrolysis 13: 9.

-Berecz, E. and Baila-Achs, M. 1983. Gas Hydrates. Elsevier, Amsterdam.

-BP. 2010. BP Statistical Review of World Energy 2010. BP PLC, International Headquarters, St James's Square, London, United Kingdom.

- Brooks, *J.,* and Weite, D.H. 1984. Advances in Petroleum Geochemistry.Volume I. Academic Press, New York.

- Califet, Y, and Oudin, J.L. 1966. Advances in Organic Geochemistry. G.D. Hobson and G.C. Speers (Editors). Pergamon Press, New York.

- Campbell, C.J. 1997. Oil & Gas Journal. 95(52): 33.

- Campbell, C.J. and Laherrère, J.H. 1998. The End of Cheap Oil. Scientific American. 278: 78-83.

- Connan, J., Le Tran, K., and van der Weide, B. 1975. Proc. Ninth World Petroleum Congress. 2 :171.

- Deroo, G., Tissot, B., McCrossan, R.G., and Der, F. 1974. Memoir No. 3. Canadian Society of Petroleum Geologists, pp. 148 and 184.

- Evans, C.R., Rogers, M.A., and Bailey, N.J.L. 1971. Chem. Geol.8:147.

- Farry, M. 1998. Oil & Gas Journal. 96(23): 115.

- Gold, T. 1984. Scientific American. 251(5): 6.

- Gold, T. 1985. Ann. Rev. Energy 10: 53.

- Gold, T., and Soter, S. 1980. Scientific American 242(6): 154.

- Gold. T., and Soter, S. 1982. Energy Exploration Exploitation 1(1): 89.

- Gold. T., and Soter, S. 1986. Chem. Eng. News. 64(16): 1.

- Gudmundsson, J.S., Andersson, V., Levik, O.I., and Parlaktuna, M. 1998.

- Hydrate Concept for Capturing Associated Gas. Proceedings. SPE European Petroleum Conference, The Hague, The Netherlands, 20-22 October 1998.

- Hsu, C.S., and Robinson, PR. 2006. Practical Advances in Petroleum Processing. Volume 1 and Volume 2. Springer, New York.

- Kenney, J., Kutcherov, V, Bendeliani, N. and Alekseev, V. 2002. The evolution of multi-component systems at high pressures: VI. The thermodynamic stability of the hydrogen-carbon system: The genesis of hydrocarbons and the origin of petroleum. Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A. 99:10976-10981.

- Kenney, J., Shnyukov, A., Krayushkin, V, Karpov, I., Kutcherov, V and Plotnikova, I. (2001). Dismissal of the claims of a biological connection for natural petroleum. Energía 22 (3): 26-34.

- Landes, K.K. 1959. Petroleum Geology. John Wiley & Sons Inc., New York. Max, M.D. (Editor). 2000. Natural Gas in Oceanic and Permafrost Environments. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

- Meyer, R.F., and Attanasi, E.D. 2003. Heavy Oil and Natural Bitumen -

Strategic Petroleum Resources. Fact Sheet 70-03. United States Geological Survey, Washington, DC. August 2003. http://pubs.usgs. gov/ fs/fs070-O3/ fs070-03.html.

- Mitchell. D.L., and Speight, J.G. 1973. Fuel 52:149.
- Mokhatab, S., Poe, W.A., and Speight, J.G. 2006. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Oil & Gas Journal. 2008. Statistics: API Imports of Crude Oil and Products. Volume 106, No. 48.
- Osborne, D. 1986. Atlantic Monthly. February, p. 39.
- Schowalter, T.T. 1979. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 63: 723.
- Sloan, E.D. 1997. Clathrates of Hydrates of Natural Gas. Marcel Dekker Inc., New York.
- Sloan, E.D. 2000. Clathrates Hydrates: The Other Common Water Phase. Ind. Eng. Chem. Res. 39: 3123-3129.
- Snowdon, L.R., and Powell. T.G. 1982. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 66: 775.
- Speight, J.G. (Editor). 1990. Fuel Science and Technology Handbook, Marcel Dekker, New York.
- Speight, J.G. 1993. Gas Processing: Environmental Aspects and Methods. Butterworth-Heinemann, Oxford, England.
- Speight, J.G. 1997. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th Edition. 23:717.
- Speight. J.G. 2007a. The Chemistry and Technology of Petroleum. 4lh Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton Florida.
- Speight, J.G. 2007b. Natural Gas: A Basic Handbook. GPC Books, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Speight, J.G. 2008. Handbook of Synthetic Fuels. McGraw-Hill, New York.
- Speight, J.G. 2011. The Refinery of the Future, Gulf Professional Publishing, Elsevier, Oxford, United Kingdom.
- Speight, J.G., Long, R.B., and Trowbridge, T.R. 1984. Fuel. 63: 616.
- Swain, E.J. 1991. Oil & Gas Journal. 89(36): 59.
- Swain, E. J. 1993. Oil & Gas Journal. 91(9): 62.
- Swain, E. J. 1997. Oil & Gas Journal. 95(45): 79.
- Swain, E.J. 2000. Oil & Gas Journal. March 13.
- Szatmari, P. 1989. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 73(8): 989.
- Tissot, B.P., and Weite, D.H. 1978. Petroleum Formation and Occurrence, Springer-Verlag, New York.
- World Energy Outlook. 2008. Global Trends to 2030. International Energy Agency, Paris, France.
- Zittel, W., and Schindler, J. 2007. Crude Oil: The Supply Outlook. EWG Series No. 3/2007, Energy Watch Group, Berlin, Germany. October.

الفَصْلُ الثَّالِث

الاستكشاف والاستخلاص والنقل

أثارت التغيرات في أسـعار البترول والمنتجات البترولية الجدل واسـتياء الرأي العام مرة أخرى، وستسـتمر الاتجاهات المتزايدة والمتناقصة في أسـعار النفط وأنه يجب أن يواجه المسـتهلكون مشكلة التقلبات المستمرة في أسعار النفط والمشـاكل الاقتصادية التي لا مفر منها. تُسـبب الزيادات في الأسعار صعوبات اقتصادية للمسـتهلك، في حين أن انخفاض الأسعار قد يبدو شكلاً من أشكال الراحة للمستهلك، ولكن هناك تكلفة أخرى غير مرئية في كثير من الأحيان وهي إلغاء الوظائف.

مع الاسـتنفاد المقدر لاحتياطيات النفط المعروفة في نحو 30 إلى 50 عام، فإنه قد تكون هناك تقلبات في الأسـعار وفترات انخفاض الأسعار، ولكن من غير المرجح عكس الاتجاه الصعودي العام. هناك احتمال أن تجعل أسـعار النفط المرتفعة من الاقتصادي التنقيب عن المزيد من النفط بتكلفة أعلى ومن ثم زيادة الإمدادات، لكن مع ذلك لا يعترف الاقتصاديون والفنيون على حد سـواء دائماً بأن العثور على نفط جديد وإنتاجـه قد يتطلب فجوة تمتد لعدة سنوات يتم خلالها تطوير الحقل بطريقة منطقية وغير مهدرة.

يجب الاعتراف بأنه ليس من المناسب التعامل مع مسألة تسعير البترول ككيان منعزل، وأن تسعير البترول هو عبارة عن تجميع للعديد من المتغيرات ويجب أخذها في الاعتبار في ضوء الأنشـطة الإجمالية لصناعة البترول. يشمل ذلك عمليات الاستكشاف والاستخراج والنقل (بالإضافة إلى طاقة التكرير وعمليات التكرير والمنتجات البترولية من مثل البنزين التي تمت تغطيتها في مكان آخر ، الفصل السـادس)، ويمكن أن يكون لكل منها تأثير في أسعار النفط الخام، وعلى سـبيل المثال فإنه بالإمكان أن تؤدي الأسـعار المرتفعة إلى

زيـــادة التنقيب والإنتـــاج في كل من بلدان أوبك (البـــلدان المصدرة للنفط) والبلدان غير الأعضاء في أوبك (المستوردة للنفط).

من ناحية العرض، فإن التأثيرات الرئيسة في سوق النفط الخام تعود إلى بلدان أوبك التي توافر حالياً ما يقرب من 40% من الإمدادات العالمية ولديها ما يقرب من 70% من الاحتياطيات المؤكدة، وأن أوبك وبصفتها المُورد الحدي تتصرف ككارتل من خلال السعي إلى الحفاظ على قدرة الاستخراج الزائدة من أجل التأثير في أســعار النفط الخام. في الســنوات الأخيرة ، كانت السياسة هي تحقيق التوازن في الســوق مع السماح بمســتوى مناسب من مخزونات النفط الخام في البلدان غير الأعضاء في أوبك، التي لديها احتياطيات محدودة نســبياً وقدرة فائضة.

حتى قبل تقرير اقتصاديات تســعير النفط الخام فــإن هناك العديد من جوانــب تكنولوجيا البــترول التي يجب أن تؤخذ في نظــر الاعتبار وجميعها تســاهم في سعر النفط، وفي الواقع فإن أسعار النفط الخام تتصرف من مثل أي ســلعة أخرى ذات تقلبات كبيرة في الأسعار ولكنها قد تكون أو لا تكون بسبب النقص بالمعروض أو الزيادة فيه، وفي الواقع فإن دورة أسعار النفط الخام قد تمتد على مدى أشهر عدة أو حتى على مدى سنوات عدة استجابة للتغيرات في الطلب وكذلك في العرض.

لا يــدرك العديد من الاقتصاديين تركيبة الصناعة، ولهذا الســبب فإنهم لا يدركون الوســائل التي يتم من خلالها تحديد الأســعار، ومن ناحية أخرى قد يكون الشخص الفني على دراية بالعمليات المستخدمة لاكتشاف النفط واستخراجه، ولكن قد لا يكون على دراية بأسباب تقلبات الأسعار في سوق النفط الخام ولا يمكنه تقدير السيناريو الكامل لتسعير النفط.

لقد تــم تصميم هذا الفصــل لتقديم شرح غير تقــني للجوانب الفنية للتنقيب عن النفط واستخراجه، وهو مخصص للشخص الفني وغير الفني على حد سواء.

1-3: الاستكشاف

يوفر الاستكشـــاف معلومات حول آفاق الاستكشـــاف المستقبلية التي يمكن أن تؤدي إلى توقعات منقحة حول القيمة المســـتقبلية للمورد وإنشاء مســـارات زمنية متوقعة جديدة لسعر المورد والكمية المستخرجة، وعلى سبيل المثال قد تقوم الشركة بمراجعة توقعاتها حول احتمال نجاح الاستكشـــاف إما صعوداً أو هبوطاً استجابةً للمعلومات التي تم الحصول عليها من استكشافها الحالي. يمكن أن يؤدي إنشاء معلومات غير متوقعة سابقاً إلى تغيير سعر المورد والاستخراج ومسارات الاستكشـــاف بحيث ينحرف مسار السعر الملحوظ بشـــكل منهجي عن الحساب القطعي، وأن المســـارات الزمنية الملحوظة لسعر المورد وقيمة المورد في الموقع قد تمثل مجموعة من العديد من مسارات الأسعار المتوقعة المختلفة بدلاً من النتائج على طول مسار السعر المتوقع بالكامل.

لكـــن مع ذلك فإن الطلب على النفط الخام في أعلى نقطة له على الإطلاق وهو آخذ في الارتفاع، والاستكشـــاف مستمر لكن المكامن لم يتم اكتشافها بالتردد نفســـه الذي كان عليه قبل عقود خمسة (الفصل الثامن)، وعلى الرغم من وجود كمية كبيرة من النفط المتبقي في المكامن في الولايات المتحدة، إلا أن إنتاج النفط هو صعب ومُكلِف، ونتيجة لذلك فقد انخفض إنتاج النفط المحلي إلى أدنى مستوى له على الإطلاق.

نشـــأ التنقيب عن البترول في الجزء الأخير من القرن التاسع عشر عندما بدأ الجيولوجيون في رســـم خرائط لميزات الأرض للبحث عن أماكن متاحة للتنقيـــب عن النفط، كانـــت النتوءات التي قدمت دليـــلاً على وجود طبقات متبادلة من الصخور المســـامية وغير النفاذة ذات أهمية خاصة للجيولوجيين. توافر الصخور المســـامية التي عادة ما تكون من الحجـــر الرملي sandstone أو الحجر الجيري Limestone أو الدولوميـــت Dolomite مكمناً للبترول، وأن الصخر غير المنفذ وهو عادة ما يكون من الطين أو الســـجيل يعمل كمصيدة ويمنع انتقال النفط من المكمن.

بحلول الجزء الأول من القرن العشرين فقد تم التحقيق في معظم المناطق التي توفر فيها الخصائص الهيكلية السطحية وعداً للنفط، وبدأ عصر التنقيب تحت السطحي للنفط في أوائل العشرينات من القرن الماضي (Forbes, 1958). لقد تم تطوير تقنيات جيولوجية وجيوفيزيائية جديدة للمناطق التي لم تتعرض فيها الطبقات بشكل كافٍ للسماح برسم الخرائط السطحية للخصائص الجوفية، وفي الستينيات من القرن الماضي قدم تطور الجيوفيزياء طرائق للاستكشاف تحت سطح الأرض.

يعتمد نوع تقنية الاستكشاف المستخدمة على طبيعة الموقع، وبعبارة أخرى وكما هو عليه الحال بالنسبة للعديد من العمليات البيئية، فإن تقنيات الاستخلاص المطبقة على موقع معين تمليها طبيعة الموقع وهي في الواقع خاصة بالموقع. على سبيل المثال، في المناطق التي لا يُعرف فيها الكثير عن باطن الأرض، فإن تقنيات الاستطلاع الأولية ضرورية لتحديد أنظمة المكامن المحتملة التي تتطلب مزيداً من التحقيق، وبمجرد اختيار منطقة لمزيد من التحقيق فإنه يتم تشغيل طرائق أكثر تفصيلاً.

إن المبادئ المستخدمة أساساً هي المغناطيسية (مقياس المغناطيسية) والجاذبية (مقياس الجاذبية) والموجات الصوتية (مقياس الزلازل)، وأن هذه التقنيات تعتمد على الخصائص الفيزيائية للمواد التي يمكن استخدامها للقياسات وتشمل تلك التي تستجيب لأساليب الجيوفيزياء المطبقة. فضلاً عن ذلك فإنه يمكن تقسيم الطرائق إلى تلك التي تركز على خصائص الجاذبية، والخصائص المغناطيسية، والخصائص الزلزالية، والخصائص الكهربائية، والخصائص الكهرومغناطيسية، والخصائص الإشعاعية، ويمكن تقسيم هذه الطرائق الجيوفيزيائية إلى مجموعتين: (1) تلك الطرائق بدون التحكم في العمق و (2) تلك الطرائق التي لديها التحكم في العمق.

في المجموعة الأولى، تتضمن القياسات تأثيرات عفوية من مصادر محلية وبعيدة لا يتحكم فيها المراقب، فعلى سبيل المثال تتأثر قياسات الجاذبية بالتغير في نصف قطر الأرض مع خط العرض، كما أنها تتأثر أيضاً بارتفاع

الموقع بالنسبة إلى مستوى سطح البحر، وسُمك قشرة الأرض، وتكوين وكثافة الصخور الأساسية، بالإضافة إلى أي تغير غير طبيعي في الكتلة قد يترافق مع الترسبات المعدنية، وفي مراحل التقييم الأخيرة يعتمد التفسير دائماً على المعرفة الجيولوجية للمترجم.

في المجموعة الثانية من القياسات (تلك التي تتحكم في العمق)، يتم إدخال الطاقة الزلزالية أو الكهربائية إلى الأرض ويتم ملاحظة التغيرات في قابلية الانتقال مع المسافة وتفسيرها من حيث الكميات الجيولوجية، ومن ثم فإنه يمكن حساب أعماق الآفاق الجيولوجية التي لها اختلافات ملحوظة في قابلية الانتقال على أساس كمي واستنتاج الطبيعة المادية لهذه الآفاق. إن الدقة وسهولة التفسير وقابلية التطبيق لجميع الأساليب التي تقع في هذه المجموعة ليست هي نفسها، وهناك ظروف طبيعية واقتصادية تُفضل فيها قياسات المجموعة الأولى لدراسات الاستكشاف على الرغم من قيودها الكامنة.

لكن مع ذلك فإنه يجب الاعتراف بأن تقنيات الاستكشاف الجيوفيزيائي لا يمكن تطبيقها من دون تمييز، وأن معرفة المعلمات الجيولوجية التي من المحتمل أن ترتبط بالحالة المعدنية أو الجوفية التي تتم دراستها تُعد أمراً ضرورياً في اختيار الطريقة التي سيتم تطبيقها وفي تفسير النتائج التي تم الحصول عليها. فضلاً عن ذلك فإنه قد لا تكون كل التقنيات الموصوفة هنا مناسبة للتنقيب عن البترول، لكن مع ذلك فإنه يتم تضمين التقنيات الموضحة هنا لأنه من المهم معرفة طبيعتها وكيف يمكن تطبيقها على الاستكشاف تحت السطحي.

تجدر الإشارة أيضاً إلى أن من مثل هذه المصطلحات geophysical borehole logging قد تعني استخدام واحدة أو أكثر من تقنيات الاستكشاف الجيوفيزيائي، ويتضمن هذا الإجراء حفر بئر واستخدام أدوات لتسجيل أو إجراء قياسات على مستويات مختلفة في الحفرة بوسائل من مثل الجاذبية (الكثافة) أو المقاومة الكهربائية أو النشاط الإشعاعي، بالإضافة إلى ذلك فإنه يتم أخذ عينات التكوين (اللب cores) للاختبارات الفيزيائية والكيميائية.

إن الاستكشـــاف هو نشـــاط اقتصادي، ومن مثل الأنشطة الاقتصادية الأخرى فإن الفوائد الحدية والتكلفة الحدية تلعب دوراً رئيساً في تحديد مقدار الاستكشاف الذي يحدث، وأن نفقات الاستكشاف والتطوير تقلل من الربح الحالي مع العائد المتوقع لإضافة احتياطيات قيمة للاســتغلال في المســتقبل، وأن المستوى الفعال لنشـــاط الاستكشاف يوازن بين التكلفة الحدية المتوقعة للاستكشاف والفائدة المتوقعة له.

إن المنفعة الحدية المتوقعة من الاستكشـــاف هي ليســت مجرد اكتشاف احتياطيات جديدة وتطويرها، ولكنها تأتي من اكتشـــاف الاحتياطيات التي تكون تكلفة تطويرها واستخراجها أقل من أو تساوي تكلفة الاحتياطيات التي يتم اســتنفادها حالياً، وبعبارة أخرى فـــإن القيمة الحدية للاحتياطيات الجديدة تعادل تكلفة المستخدم لاستنفاد الموارد الحالية على طول مسار زمني فعال للاستخراج وتطوير احتياطي جديد.

بالإضافــة إلى ذلــك فإنه عندما يُســمح للاحتياطيات بالتغير بحســب الظروف الاقتصاديـــة والتكنولوجية ، فإن الحركة الصعودية للأســعار قد لا تســتمر، واعتماداً على الدرجة التي ترتفع بها تكاليف الاســتخراج الحالية نتيجــة للنضوب وتكلفة الإضافات الاحتياطية الجديدة بما في ذلك تكلفة المستخدم، فإنه من الممكن للاكتشافات الجديدة أن تتجاوز النضوب.

إن القدرة على توســيع الاحتياطيات من خلال الاختراقات التكنولوجية تزيد من قابلية الاســتخلاص وتقلل من تكاليف الاستخراج من الرواسب الحالية، أو تجعل من السهل العثور على رواسب جديدة والوصول إليها (خفض تكاليف استبدال الاحتياطي)، وبالمثل فإنه يمكن أن تمارس ضغطاً هبوطياً على الأســعار ربما لفترة طويلة من الزمن، ولكن مع ذلك فإنه نظراً للشكوك المحيطة بعملية الاستكشـــاف، فـــإن الافتراض بـــأن الاحتياطيات توجد في المتوسط من أجل زيادة التكلفة وأنه بالإمكان العثور عليها بمقادير غير قابلة للقسمة بلا حدود هو تبسيط شديد الخطورة.

3-2: الحفـــر

إن الحفر هو المرحلة الأخيرة من البرنامج الاستكشافي وهو في الواقع الطريقة الوحيدة التي يمكن من خلالها تحديد مكمن البترول بشـــكل قاطع، لكن مع ذلك فإنه تماشـــياً مع مفهوم خصوصية الموقع فـــإن الحفر قد يكون هو الخيار الوحيد في عدد مـــن المناطق لبدء برنامج الاستكشـــاف. تعتمد المخاطر التي تنطوي عليها عملية الحفر على المعرفة الســـابقة تحت سطح الموقع، ومن ثم فإن هناك حاجة لربط طبيعة الآبار الاستكشافية في موقع معين بخصائص المكمن.

تكون المرحلة الأولى في اســـتخراج النفط الخام هي حفر بئر في المكمن الجوفي، وغالباً ما يتم حفر العديد من الآبار التي تسمى الآبار متعددة الأطراف في المكمن نفسه، وذلك لضمان أن معدل الاستخراج سيكون مجدياً اقتصادياً. يمكن اســـتخدام البعض من الآبار المعروفة بإسم الآبار الثانوية secondary wells وذلك لضـــخ الماء أو البخار أو الأحماض أو مخاليـــط الغاز المختلفة في المكمـــن لرفع ضغط المكمـــن أو الحفاظ عليه، ومن ثـــم الحفاظ على معدل الاستخراج الاقتصادي.

يُعد التنقيب عن النفط عملية معقدة وقد تطورت بشكل كبير على مدى المائة عام الماضية، وأن طريقة أداة الكابل(ســـلك معدني) الأقدم المستخدمة على نطاق واســـع تقريباً حتى عام 1900 كانت تتضمن رفع وإسقاط قطعة ثقيلة وجذع حفر متصل بكابل بذراع ناتئ على الســـطح ، يقوم بســـحق الصخور والأرض ويشـــكل الحفرة تدريجياً، ويُفضل بعامة نظام أداة الكابلات فحسب وذلك لاختراق الصخور الصلبة في الأعماق الضحلة عندما يُتوقع وجود مكامن النفط في الأعماق الضحلة، وعادة ما يكون وزن العمود كافياً لتحقيق الاختراق ولكن يمكن زيادته بواسطة أسطوانة ضغط هيدروليكي على السطح.

3–2–1: التحضير للتمرين

بمجرد اختيار الموقع فإنه يتوجب مسحه لتحديد حدوده، وقد يلزم إجراء دراسات الأثر البيئي، ويتوجب الحصول على اتفاقيات الإيجار وسندات الملكية وحق الوصول إلى الأرض وتقييمها بشـــكل قانوني، وبالنسبة للمواقع البحرية

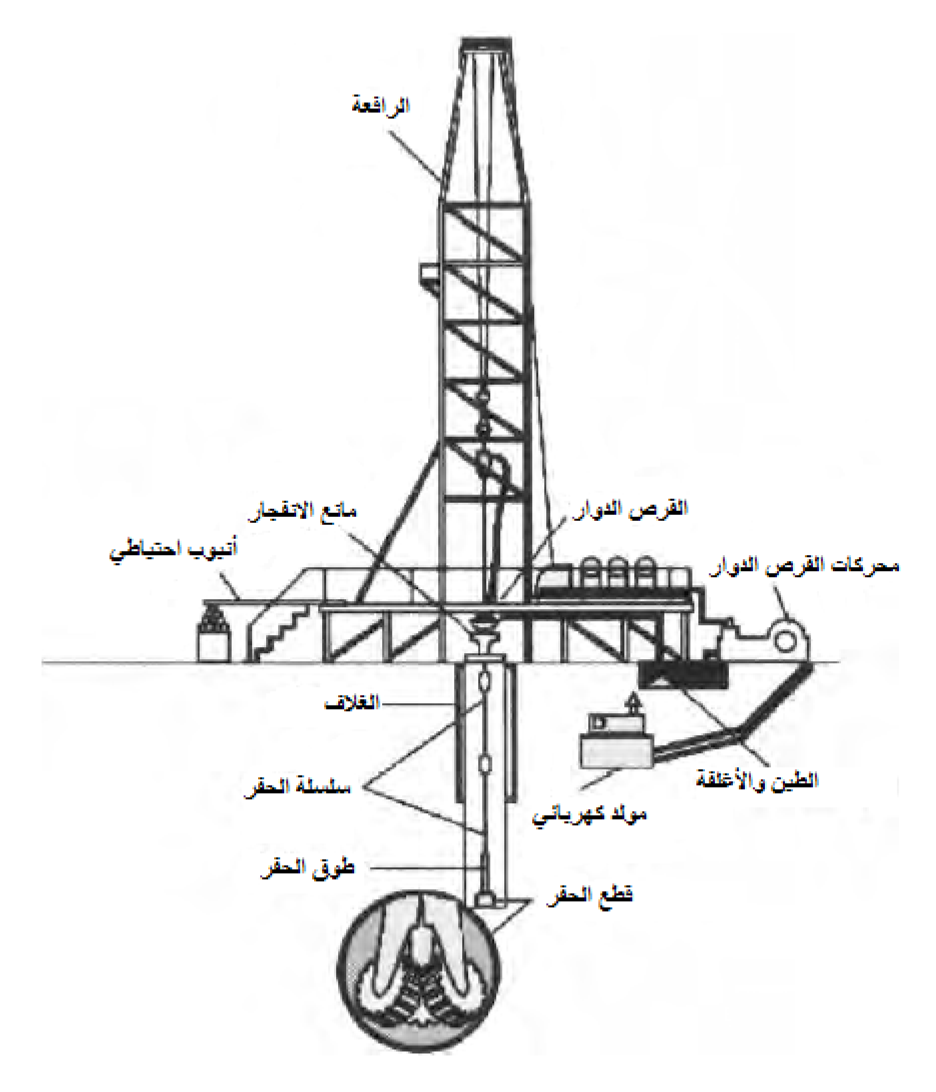
فإنه يتوجب تحديد الاختصاص القانوني ولا يمكن بدء الحفر إلا عندما تتم تسوية هذه القضايا.

بمجرد تجهيز الأرض فإنه يجب حفر العديد من الثقوب لإفساح المجال للحفرة والحفرة الرئيسة، ويتم حفر حفرة مستطيلة أو قبو حول موقع ثقب الحفر الفعلي، ويوافر القبو للعمال مساحة عمل حول الفتحة وكذلك يوافر مستلزمات الحفر، ثم يبدأ الطاقم في حفر الحفرة الرئيسة وغالباً بشاحنة حفر صغيرة بدلاً من الحفارة الرئيسة. إن الجزء الأول من الفتحة هو أكبر وأقل عمقاً من الجزء الرئيسي وهو مبطن بأنبوب موصل بقطر كبير، ويتم حفر ثقوب إضافية على الجانب وذلك لتخزين المعدات مؤقتاً، وبعد ذلك يمكن إحضار معدات الحفارة وتركيبها.

3-2-2: جهاز الحفر

اعتماداً على بُعد موقع الحفر والوصول إليه فإنه بالإمكان نقل المعدات إلى الموقع بواسطة شاحنة أو مروحية أو بارجة، ويُبنى البعض من الحفارات على السفن أو الصنادل للعمل في المياه الداخلية حيث لا يوجد أساس لدعم الحفارة (كما هو الحال في المستنقعات أو البحيرات)، وبمجرد وصول المعدات إلى الموقع فإنه يتم إنشاء منصة الحفر (الشكل 3-1).

على الرغم من وجود العديد من الاختلافات في التصميم، إلا أن جميع أجهزة الحفر الدوارة الحديثة لها المكونات نفسها بشكل أساس (الشكل 3-1)، إذ تعمل أعمال الرفع أو السحب على رفع وخفض أنبوب الحفر والغلاف الذي يمكن أن يصل وزنه إلى 200 طن، ويعتمد ارتفاع برج الحفر على عدد وصلات أنبوب الحفر التي سيتم سحبها كوحدة قبل فكها. تقوم الطاولة الدوارة الموجودة في منتصف أرضية منصة الحفر بتدوير عمود الحفر، وتقوم الطاولة أيضاً بعمل فجوات جذع الحفر عند فصل الرافعة وإدخال أقسام الأنابيب أو إزالتها، وأنها تُضفي حركة دورانية على جذع الحفر من خلال الكيلي Kelly المتصل بالنهاية العليا للعمود، ويتناسب الكيلي مع فتحة في وسط الطاولة الدوارة، وتسمى أدوات التوصيل بين أقسام الأنابيب بـ وصلات الأدوات.



الشكل 3-1: رسم تخطيطي لجهاز الحفر

إن لقمة الحفر متصلة بأطواق حفر في أسفل الجذع، وهي عبارة عن أسطوانات فولاذية سميكة يتراوح طولها من 20 إلى 29 قدم (6 إلى 9 أمتار) وقد يتم شد ما يصل إلى 10 معاً. يركزون الوزن في أسفل العمود ويمارسون الشد على الأنبوب الأكثر مرونة أعلاه، مما يقلل من ميل الثقب للانفصال عن الاتصال وأنبوب الحفر للكسر. تحتوي لقم الثقب على العديد من التصميمات وتشمل الاختلافات : عدد الشفرات ونوع المعدن وشكل القطع ومكوناته أو التضفير.

وللتخفيف من مشــكلة التآكل الباهت أو التشــويش فإن نظام تدوير الطين يُعد أحد أهم أجزاء الحفارة (Ranney,1979)، وأن هذا النظام يحافظ على طين الحفر في حالة مناسبة، وخالٍ من قطع الصخور أو المواد الكاشطة الأخرى التي قد تسبب مشاكل في عملية الحفر، فضلاً عن الاحتفاظ بالخصائص الفيزيائية والكيميائية المناسبة للطين.

3-2-3: الحفر

إن حفر بئر نفطية هو عملية مملــة وغالباً ما تكون مصحوبة بصعوبات، وينجم عدد من المشــاكل عن اختراق التكوين وحــدوث غاز عالي الضغط أو تشــققات أو ضغوط عالية غير متوقعة في الصخور القابلة للنفاذ. ينتج البعض الآخر عن أعطال معدنية أو ميكانيكية في لقمة الحفر، أو جذع الحفر أو أعمال السحب أو نظام الطين. لقد تم تطوير العديد من الأدوات والتقنيات لحل معظم المشاكل، ولربما يكون أفضل ما هو معروف هو بالتصيد fish المستخدم لاستعادة القطع المكســورة، وأن تقنية أخرى تتضمن الانحــراف المتعمد للبئر لتجنب التكوينات الصعبة، أو الالتفاف حول الصيد fish غير القابل للاستخلاص، أو في بعض الأحيان لاستعادة اتجاه الحفرة بعد انحراف عرضي.

عندما يتم الوصول إلى العمق المحدد مســبقاً فإنه يتم تشغيل قسم أنبوب التغليف في الفتحة ويتم تثبيته لمنع الثقب من الانهيار، يحتوي أنبوب الغلاف على فواصل حول الخــارج لإبقائه متمركزاً في الفتحة، ويتم ضخ الإســمنت إلى أســفل أنبوب الغلاف باستخدام سدادة ســفلية وملاط إسمنتي وسدادة علويــة وطين حفر. يؤدي الضغط من طين الحفر إلى تحرك ملاط الإســمنت عــبر الغلاف وملء الفراغ بين الجزء الخارجي مــن الغلاف والفتحة، أخيراً فإنه يُســمح للإسمنت بالتصلب ثم اختباره لمعرفة خصائص من مثل الصلابة والمحاذاة والختم المناسب.

يستمر الحفر على مراحل وعندما تكشف قصاصات الصخور من الطين عن الرمال النفطيــة من صخر المكمن، فإنه من المحتمــل أن يكون قد تم الوصول إلى العمق النهائي، وفي هــذه المرحلة تتم إزالة جهاز الحفر من الحفرة ويتم إجراء الاختبارات للتأكد من الوصول إلى العمق النهائي.

يتم البحث باستمرار عن طرائق جديدة للتنقيب عن النفط، بما في ذلك تقنيات الحفر الموجه أو الأفقي directional or horizontal drilling، للوصول إلى النفط في المناطق الحساسة بيئياً واستخدام الليزر لحفر آبار النفط.

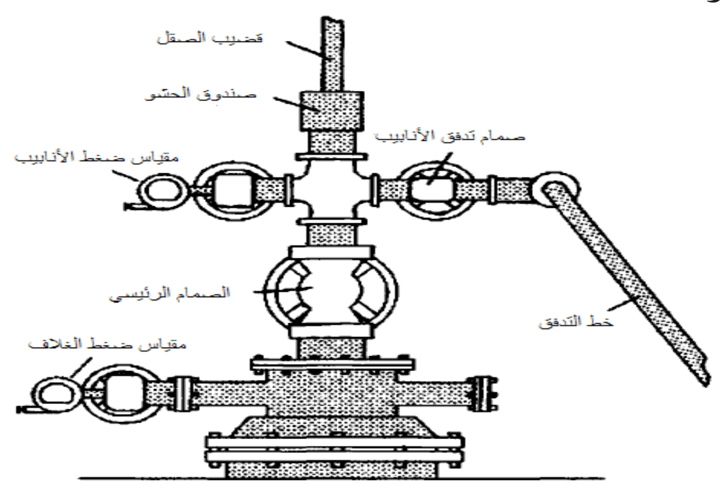
يستخدم الحفر الموجه أيضاً للوصول إلى التكوينات والأهداف التي لا تقع مباشرة أسفل نقطة الاختراق أو الحفر من الشاطئ إلى المواقع تحت الماء، ويمكن أيضاً استخدام الانحراف المتحكم فيه من عمق محدد في حفرة موجودة لتحقيق الاقتصاد في تكاليف الحفر. يتم استخدام أنواع مختلفة من الأدوات في الحفر الموجه جنباً إلى جنب مع الأدوات للمساعدة في توجيه موضعها وقياس درجة الانحراف واتجاهه، اثنان من هذه الأدوات هما whipstock ومفصل الإصبع. إن whipstock هو عبارة عن إسفين مدبب تدريجياً بقاعدة على شكل إزميل تمنع الدوران بعد دفعه إلى قاع الحفرة المفتوحة، وعندما تتحرك قطع رأس الحفر لأسفل فإنها تنحرف عن طريق الاستدقاق بنحو 5 درجات من محاذاة الفتحة الحالية.

لا ينتهي الحفر عند بدء الإنتاج وأنه يستمر بعد دخول الحقل الإنتاج، ويجب حفر آبار الامتداد لتحديد حدود حوض النفط الخام، وتعد الآبار في الحقل ضرورية لزيادة معدلات الاستخلاص، وتستخدم آبار الخدمة لإعادة فتح الآبار التي أصبحت مسدودة. بالإضافة إلى ذلك فإنه غالباً ما يتم حفر الآبار في الموقع نفسه ولكن على أعماق مختلفة، وذلك لاختبار الهياكل الجيولوجية الأخرى بشأن وجود النفط الخام.

3-2-4: إتمام جيد

بمجرد الوصول إلى العمق النهائي فإنه يتم الانتهاء من البئر للسماح بتدفق النفط إلى الغلاف بطريقة محكمة، إذ يتم أولاً إنزال مسدس التثقيب في البئر حتى عمق الإنتاج، ويحتوي المسدس على عبوات ناسفة وذلك من أجل إحداث ثقوب في الغلاف بحيث يمكن للنفط أن يتدفق من خلالها، وبعد أن يتم ثقب الغلاف فإنه يتم تشغيل أنبوب بقطر صغير في الحفرة كقناة لتدفق النفط والغاز لأعلى البئر ويتم تشغيل جهاز التعبئة لأسفل خارج الأنبوب. عندما يتم

تعيين المعبئ على مســتوى الإنتاج فإنه يتم توسيعه لتشكيل ختم حول الجزء الخارجي من الأنبوب، وأخيراً فإنه يتم تثبيت هيكل متعدد الصمامات (شجرة عيد الميلاد : الشــكل 3-2) في الجزء العلوي من الأنبوب ويتم تثبيته في الجزء العلوي من الغلاف، وتسمح لهم شجرة عيد الميلاد بالتحكم في تدفق النفط من البئر.



الشكل 3-2: شجرة عيد الميلاد ـ مجموعة من صمامات التحكم عند فوهة البئر

يتم أحياناً مواجهــة التكوينات الضيقة ويصبح من الضروري تشــجيع التدفق، إذ يتم استخدام طرائق عدة، تتضمن إحداها إطلاق انفجارات صغيرة لتكسير الصخور، فإذا كان التكوين عبارة عن حجر جيري بشكل أساس، فإنه يتم إرسال حمض الهيدروكلوريك إلى أسفل الفتحة لإذابة القنوات في الصخر، ويتم منع الحمــض لحماية الغلاف الفولاذي في الحجــر الرملي وأن الطريقة المفضلة هي التكسير الهيدروليكيHydraulic Fracturing .

يُضخ الســائل ذو اللزوجة العالية بما يكفي لتعليق الرمل الخشــن عند ضغط عالٍ جــداً في التكوين، مما يؤدي إلى تكســير الصخور، وأن حبيبات الرمل تبقى لتساعد على فتح الشقوق.

وهكــذا فإنه بمجرد اكتمال البئر يبدأ تدفق النفط إلى البئر، وبالنســبة لصخور المكمن من الحجر الجيري فإنه يتم ضخ الحمض إلى أسفل البئر وإخراج

ركام الثقوب، وأن الحمض يُذوب القنوات في الحجر الجيري التي تقود النفط إلى البئر، وبالنســبة لصخور المكمن من الحجر الرملي فإنه يتم ضخ سائل مخلوط يحتوي على مواد داعمة (من مثل الرمل وقشــور الجوز وحبيبات الألمنيوم) إلى أســفل البئر وإخراج ركام الثقوب. يؤدي الضغط الناتج عن هذا الســائل إلى إحداث كسور صغيرة في الحجر الرملي تسمح بتدفق النفط إلى البئر، بينما تُبقي الدعامات هذه الكسور مفتوحة، وبمجرد أن يتدفق النفط فإنه تتم إزالة منصة النفط من الموقع وإعداد معدات الإنتاج لاستخراج النفط من البئر.

3-3: الاستخلاص

إن الاســتخلاص وكما هو مطبق في صناعة البترول هو إنتاج النفط من المكمن، وهنــاك العديد من الطرائق التي يمكن من خلالها تحقيق ذلك فهي تتراوح من الاستخلاص بسبب طاقة المكمن (أي تدفق النفط من حفرة البئر دون مســاعدة) إلى طرائق الاســتخلاص المُعززة التي يجب إضافة قدر كبير مــن الطاقة إلى المكمن لإنتاج النفط، لكن مــع ذلك فإنه يجب مراعاة تأثير الطريقة في النفط وفي المكمن قبل التطبيق.

توجد مكامن النفط الخام بغطــاء غاز علوي وفي اتصال مع طبقات المياه الجوفية أو كليهما، ويتواجد النفط مع الماء والغاز الحر في فتحات وكســور جد صغيرة، فإذا كان الضغط تحت الأرض في مكمن النفط كافياً فإنه ســيتم دفع النفط إلى الســطح تحت هذا الضغط (الاســتخلاص الأولي). غالباً ما يوجد الغــاز الطبيعي (الغاز الطبيــعي المصاحب) الذي يوافــر أيضاً الضغط تحت الأرض المطلوب (الاســتخلاص الأولي)، وفي هذه الحالة يكفي وضع ترتيب للصمامات (شــجرة عيد الميلاد) على فوهة البئر لتوصيل البئر بشبكة أنابيب للتخزين والمعالجــة، ويتم جمع النفط الخام عادةً من الآبار الفردية بواســطة خطوط أنابيب صغيرة.

وفي بعض الحالات يتناقص هذا الضغط لاحقاً بحيث يجب ضخ النفط من البئر، ويتم أحياناً ضخ الغاز الطبيعي أو الماء في البئر لاستبدال النفط المسحوب - وغالباً ما يُشار إلى ذلك بإعادة ضغط بئر النفط.

يُعد تشريح المكمن معقداً ومُخصصاً للموقع، وتراكم دقيق ووجود نطاقات واسعة من كل من خصائص الصخور والسوائل، وأن المكامن تستجيب بشكل مختلف ويجب معالجتها بشكل فردي، ويختلف حجم وشكل ودرجة الترابط بين المسام بشكل كبير من مكان إلى آخر في كل مكمن فردي، وتحت طبقة النفط فإنه عادة ما يكون الحجر الرملي مشبعاً بالماء المالح، ويتم إطلاق النفط من هذا التكوين عن طريق حفر بئر وثقب طبقة الحجر الجيري على جانبي قبة أو طية الحجر الجيري، فإذا تم استغلال ذروة التكوين فإنه سيتم الحصول على الغاز فحسب، أما إذا كان الاختراق جد بعيد عن المركز فإنه سيتم الحصول على الماء المالح فحسب.

على مدار عمر البئر فإنه سينخفض الضغط، وفي مرحلة ما لن يكون هناك ضغط كافٍ تحت الأرض لإجبار النفط على الصعود إلى السطح، وأن استخلاص النفط الثانوي يستخدم تقنيات مختلفة للمساعدة في استخلاص النفط من المكامن المستنفدة أو منخفضة الضغط، وفي بعض الأحيان يتم استخدام المضخات من مثل مضخات الشعاع beam (مضخات رأس الحصان) والمضخات الغاطسة الكهربائية لإحضار النفط إلى السطح. تزيد تقنيات الاستخلاص الثانوية الأخرى من ضغط المكمن عن طريق حقن الماء، وإعادة حقن الغاز الطبيعي، ورفع الغاز الذي يضخ الهواء، وثاني أوكسيد الكربون أو بعض الغازات الأخرى في المكمن.

يعتمد الاستخلاص المعزز للنفط (الاستخلاص الثلاثي للنفط ،EOR) على طرائق تقلل من لزوجة النفط لزيادة انتاجه (Speight, 2009)، ويبدأ الاستخلاص الثلاثي عندما لا تكفي تقنيات استخلاص النفط الثانوية لاستدامة الإنتاج. على سبيل المثال إن طرائق استخلاص النفط المعزز حرارياً هي طرائق استخلاص يتم فيها تسخين النفط وتسهيل استخراجه، وعادة ما يستخدم البخار لتسخين النفط.

من المتوقع في النهاية أن تنتج عمليات الاستخلاص الأولية والثانوية التقليدية نحو ثلث النفط الأصلي المكتشف، على الرغم من أن الاستخلاص

(الذي يعتمـــد على المكمن والنفط) من المكامن الفردية يمكن أن يتراوح من أقل مـــن 5% إلى 80% من النفط الأصلي أو النفـــط في المكان. إن هذا النطاق الواســـع من كفاءة الاستخلاص هو نتيجة للاختلافات في خصائص الصخور والسوائل المحددة من المكمن إلى المكمن، وكذلك نتيجة لنوع ومستوى الطاقة التي تدفع النفط إلى الآبار المنتجة حيث يتم التقاطه.

قد لا تنجح طرائق إنتاج النفط التقليدية لأن إدارة المكمن كانت ســـيئة أو لأن عدم تجانـــس المكمن قد حال دون اســـتخلاص النفط الخام بطريقة اقتصادية، ويمكن أن يتسبب عدم تجانس المكمن من مثل الكسور والأعطال في تصريف المكامـــن بطريقة غير فعالة بالطرائق التقليدية، وأيضاً يمكن أن تنتج المناطق عالية الإسمنت أو الصخر النفطي حواجز أمام تدفق السوائل في المكامن وتؤدي إلى ارتفاع تشبع النفط المتبقي.

لا يمكـــن في كثير من الأحيان إنتاج المكامن التي تحتوي على نفوط خام ذات كثافة منخفضة API بكفاءة دون تطبيق طرائق الاســـتخلاص المعزز للنفط (EOR) بســـبب اللزوجة العالية للنفـــط الخام، وفي بعض الحالات يتم استنفاد ضغط المكمن قبل الأوان بسبب ممارسات إدارة المكامن السيئة لإنشاء مكامن ذات طاقة منخفضة وتشبع مرتفع للنفط.

عادة ما يتم اســـتخلاص النفط عند فتح البئر لأول مرة عن طريق التدفق الطبيعي مدفوعاً بضغط الغاز أو السوائل الموجودة داخل الرواسب، وهناك العديد من الوسائل التي تعمل على دفع الســـوائل البترولية من التكوين عبر البئر وإلى السطح، وتصنف هذه الطرائق إما على أنها طبيعية أو أنها تدفق تطبيقي.

3-3-1: الاستخلاص الأولي (الطرائق الطبيعية)

إذا كان الضغط تحت الأرض في مكمن النفط كافياً فإنه سيتم دفع النفط إلى السطح تحت هذا الضغط، وعادة ما يكون الوقود الغازي أو الغاز الطبيعي موجـــوداً والذي يوافر أيضاً الضغط اللازم تحـــت الأرض، وفي هذه الحالة فإنه يكفي وضع ترتيب معقد من الصمامات (شجرة عيد الميلاد) عند رأس البئر لتوصيل البئر بشـــبكة أنابيب للتخزين والمعالجة، وهذا ما يسمى باستخلاص النفط الأولي primary oil recovery .

ومن ثم فإن إنتاج النفط الأولي (الاستخلاص الأولي للنفط) هو الطريقة الأولى لإنتاج النفط من البئر، ويعتمد على طاقة المكمن الطبيعي لدفع النفط عبر شبكة المسام المعقدة إلى الآبار المنتجة، فإذا كان الضغط على السائل في المكمن كبيراً بدرجة كافية فإن النفط يتدفق إلى البئر ويصعد إلى السطح، ويمكن اشتقاق هذه الطاقة الدافعة من تمدد السائل وتطور الغازات المذابة من النفط حيث يتم خفض ضغط المكمن في أثناء الإنتاج أو توسيع الغاز الحر أو غطاء الغاز أو تدفق المياه الطبيعية أو الجاذبية أو مجموعات من هذه التأثيرات.

ينتقل النفط الخام من المكمن إلى البئر بواحدة أو أكثر من ثلاث عمليات، وهذه العمليات هي: محرك الغاز المذاب ومحرك غطاء الغاز ومحرك المياه، ويعد التعرف المبكر على نوع المحرك المتضمن أمراً ضرورياً للتطوير الفعال لحقل النفط.

تكون قوة الدافعة في محرك الغاز المذاب هي الغاز الموجود في المحلول في النفط الذي يميل إلى الخروج من المحلول بسبب إطلاق الضغط عند نقطة اختراق البئر، وأن محرك الغاز المذاب هو أقل أنواع المحركات الطبيعية كفاءة إذ يصعب التحكم في نسبة الغاز إلى النفط، وينخفض ضغط الحفرة السفلية بسرعة، وقد يكون إجمالي الاستخلاص النهائي للبترول من المكمن أقل من 20%.

فإذا كان الغاز يغطي النفط الموجود أسفل الجزء العلوي من المصيدة فإنه سيتم ضغطه ويمكن استخدامه لدفع النفط إلى الآبار الموجودة في الجزء السفلي من المنطقة الحاملة للنفط، ومن خلال إنتاج النفط فحسب من أسفل غطاء الغاز فإنه من الممكن الحفاظ على نسبة عالية من الغاز إلى النفط في المكمن حتى نهاية عمر الحوض تقريباً. لكن مع ذلك فإنه إذا لم يتم تطوير رواسب النفط بشكل منهجي بحيث يحدث تجاوز الغاز، فسيتم ترك نسبة غير ضرورية من النفط وراءها، وعادة ما يكون استخلاص البترول من مكمن في حقل غطاء غاز 40% إلى 50%.

عادةً ما يحتوي الغاز الموجود في غطاء الغاز على الميثان والهيدروكربونات الأخرى التي يمكن فصلها عن طريق ضغط الغاز، ومن الأمثلة المعروفة جيداً هي البنزين الطبيعي natural gasoline الذي كان يُشار إليه سابقاً بإسم

جازولين رأس الغلاف casinghead gasoline أو بنزين الغاز الطبيعي natural gas gasoline، لكن مع ذلك فإنه عند الضغوط العالية من مثل تلك الموجودة في الحقول العميقة فإن كثافة الغاز تزداد وتقل كثافة النفط حتى تشكل مرحلة واحدة في المكمن، وهذا هو ما يسمى حوض المكثفات المتراجع retrograde condensate pools وذلك لأن الانخفاض (بدلاً من الزيادة) في الضغط يؤدي إلى تكثيف الهيدروكربونات السائلة، وعندما يتم إحضار سائل المكمن هذا إلى السطح وإزالة المكثف فسيتبقى حجم كبير من الغاز المتبقي. تتمثل الممارسة الحديثة في تدوير هذا الغاز عن طريق ضغطه وحقنه مرة أخرى في المكمن، ومن ثم الحفاظ على ضغط مناسب في داخل غطاء الغاز، ويتم منع التكثيف في المكمن، وأن من مثل هذا التكثيف يمنع استخلاص النفط وذلك لأن النسبة المنخفضة من تشبع السائل في المكمن تمنع التدفق الفعال.

إن القوة الدافعة الأكثر كفاءة في دفع النفط إلى البئر هي محرك المياه الطبيعي، إذ يدفع ضغط الماء النفط الأخف وزناً القابل للاستخراج من المكمن إلى الآبار المنتجة، وفي التراكمات المنحرفة تكون الآبار المنخفضة الهيكلية حول جوانب القبة هي أول من يصل إلى الماء. ثم يتحرك مستوى التلامس مع الماء النفطي إلى أعلى حتى تستمر الآبار الموجودة أعلى الخط المنحني في إنتاج النفط في نهاية المطاف ويجب أيضاً التخلي عن هذه الأشياء لأن الماء يحل محل النفط.

في مجال القيادة المائية، فإنه من الضروري تعديل معدل الإزالة بحيث يتحرك الماء لأعلى بشكل متساوٍ حيث يتم توفير مساحة له عن طريق إزالة الهيدروكربونات، ويعد الانخفاض الملحوظ في ضغط الحفرة السفلية ضرورياً لتوفير تدرج الضغط المطلوب للتسبب في تدفق المياه. يعتمد فرق الضغط المطلوب على نفاذية المكمن فكلما زادت النفاذية قل الفرق في الضغط الضروري، وقد يصل معدل استخلاص البترول من المكمن في أحواض المياه التي تعمل بشكل صحيح إلى 80% وقد تكون القوة الكامنة وراء محرك المياه هي الضغط الهيدروستاتيكي أو تمدد ماء المكمن أو كليهما، ويستخدم محرك المياه أيضاً في البعض من حقول الواقعة تحت سطح البحر.

يُعد محرك الكثافة النوعية عاملاً مهماً عند وجود أعمدة النفط التي يبلغ ارتفاعها عدة آلاف من الأقدام كما هو عليه الحال في عدد من حقول أمريكا الشمالية، فضلاً عن ذلك فإنه يتم إنتاج الجزء الأخير من النفط القابل للاستخلاص في العديد من الأحواض عن طريق تصريف الكثافة النوعية للمكمن. إن مصدراً آخراً للطاقة خلال المراحل المبكرة للسحب من مكمن يحتوي على نفط غير مشبع هو تمدد هذا النفط، إذ يؤدي تقليل الضغط إلى وصول النفط إلى نقطة الفقاعة (الضغط ودرجة الحرارة التي يبدأ عندها الغاز في الخروج من المحلول).

لا يلزم وجود معدات ضخ لعمليات الاستخلاص الأولية، فإذا كانت طاقة المكمن غير كافية لدفع النفط إلى السطح فإنه يجب ضخ البئر، وفي كلتا الحالتين فإنه لا يتم إضافة أي شيء إلى المكمن لزيادة طاقة المكمن أو الحفاظ عليها أو لاكتساح النفط نحو البئر، ويميل معدل الإنتاج من البئر المتدفقة إلى الانخفاض مع إنفاق طاقة المكمن الطبيعية أو انخفاضها، وعندما لا تنتج البئر المتدفقة بمعدل فعال فإنه يتم تركيب مضخة لها.

تكون كفاءة الاستخلاص للإنتاج الأولي منخفضة بعامة عندما يكون تمدد السائل وتطور غاز المحلول من آليات القيادة، وترتبط عمليات الاستخلاص الأعلى بكثير بالمكامن المزودة بمحركات أغطية المياه والغاز والمكامن التي تعمل فيها الجاذبية على تعزيز تصريف النفط من المسام الصخرية. ترتبط كفاءة الاستخلاص الإجمالية بكيفية تحديد المكمن بآبار الإنتاج، ومن ثم فإنه لتحقيق أقصى قدر من الاستخلاص عن طريق الاستخلاص الأولي فإنه غالباً ما يكون من الأفضل غرق عدة آبار في المكمن ، ومن ثم تحقيق الاستخلاص من خلال مجموعة من الطرائق الموضحة هنا.

3-3-2: الاستخلاص الثانوي

سينخفض الضغط على مدار عمر البئر وفي مرحلة ما لن يكون هناك ضغط كافٍ تحت الأرض لإجبار النفط على الصعود إلى السطح، فإذا كانت البئر اقتصادية وهي غالباً ما تكون كذلك فإنه يتم استخراج النفط المتبقي في البئر

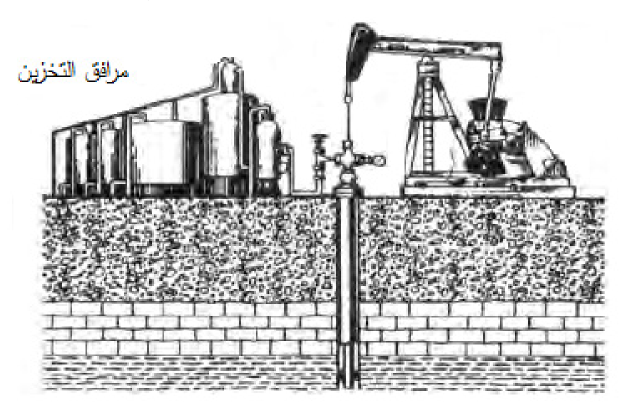
باستخدام طرائق استخلاص النفط الثانوية، وفي هذه المرحلة فإنه يجب تطبيق طرائق الاستخلاص الثانوية.

تستخدم طرائق استخلاص النفط الثانوية تقنيات مختلفة للمساعدة في استخلاص النفط من المكامن المستنفدة أو ذات الضغط المنخفض، وتستخدم أحياناً المضخات الموجودة على السطح أو المغمورة (المضخات الغاطسة الكهربائية ESPs) لإحضار النفط إلى السطح. تعمل تقنيات الاستخلاص الثانوية الأخرى على زيادة ضغط المكمن عن طريق حقن الماء واستخدام الغاز الذي يضخ الهواء أو البعض من الغازات الأخرى في المكمن، وأن الاستخلاص الأولي والاستخلاص الثانوي معاً يسمحان باستخلاص 25% إلى 35% من نفط المكمن.

يمكن أن يترك الاستخلاص الأولي (أو التقليدي) ما يصل إلى 70% من النفط في المكمن، ومن ثم فإن هناك هدفان رئيسيان في إنتاج النفط الخام الثانوي: (1) لتكملة ضغط طاقة المكمن المستنفد و (2) لكنس النفط الخام من بئر الحقن باتجاه بئر الإنتاج وداخله، وفي الواقع يتضمن الاستخلاص الثانوي للنفط إدخال الطاقة إلى مكمن لإنتاج المزيد من النفط، وعلى سبيل المثال فإن إضافة مواد لتقليل التوتر السطحي للنفط تؤدي إلى زيادة استخلاصه.

عادةً ما تتضمن عمليات المتابعة الأكثر شيوعاً أو الاستخلاص الثانوي تطبيق عمليات الضخ أو حقن المواد في البئر لتشجيع حركة النفط واستخلاص المتبقي منه، وأن المضخة المعروفة بمضخة رأس الحصان أو مضخة قضيب الامتصاص (الشكل 3-3) تقدم رفعاً ميكانيكياً للسوائل في المكمن، وأن مضخة آبار النفط الأكثر شيوعاً هي معدات الضخ الترددية أو ذات الغطاس (وتسمى أيضاً مضخة قضيب الامتصاص) التي يمكن التعرف عليها بسهولة بواسطة رافعات ضخ شعاع رأس الحصان. يتم إنزال برميل المضخة إلى البئر باستخدام قضبان فولاذية بطول 6 بوصات (القطر الداخلي) تُعرف بإسم القضبان الماصة. إن الحركة لأعلى ولأسفل القضبان الماصة تدفع النفط لأعلى في الأنبوب إلى السطح، وقد يوافر شعاع السير الذي يعمل بمحرك قريب هذه

الحركة الرأسـية أو قد يتم إحداثها من خلال استخدام مقبس المضخة الذي يتـم توصيله بمصدر طاقة مركزي عن طريق قضبان السـحب، ولقد أثبتت مضخات الطرد المركزي التي تعمل بالكهرباء والمضخات الغاطسة - المضخة والمحرك في البئر أسفل الأنبوب - قدراتها الإنتاجية في العديد من التطبيقات.



الشكل 3-3: مضخة رأس الحصان

هناك أيضاً عمليات ثانوية لاسـتخراج النفط تتضمن حقن الماء أو الغاز في المكمن، وعند اسـتخدام الماء تسمى العملية بـ تدفق الماء و عند استخدام الغاز تسـمى العملية بـ تدفق الغاز، وعادة ما تستخدم الآبار المنفصلة للحقن والإنتاج. تحافظ السـوائل المحقونة على ضغط المكمن أو تعيد ضغط المكمن بعد النضوب الأولي وتزيح جـزء من النفط الخام المتبقي إلى آبار الإنتاج، وفي الواقع كانت الطريقة الأولى الموصى بها لتحسـين اسـتخلاص النفط هي على الأرجح إعادة حقن الغاز الطبيعي، وهناك دلائل على أن حقن الغاز كان يستخدم لهذا الغرض قبل عام 1900(Craft and Hawkins, 1959; Frick, 1962). لقد تم تنفيذ هذه الممارسات المبكرة لزيادة الإنتاجية الفورية ومن ثم فقد تم تصنيفها كمشـاريع صيانة الضغط، وقد تم ابتكار تقنيات حديثة لحقن الغاز من أجل زيادة الاستخلاص النهائي، ومن ثم التأهل كمشاريع استخلاص ثانوية.

وفي الاسـتخلاص الثانوي فإنه يتوجب أن يزيل السائل المحقون النفط ويدفعه نحو آبار الإنتاج، كما يجب أيضاً زيادة طاقة المكمن لتحل محل النفط، وباستخدام تقنيات من مثل حقن الغاز وحقن الماء فإنه لا يوجد تغيير في حالة

النفط. وبالمثل فإنه لا يوجد تغيير في حالة النفط في أثناء تقنيات إزاحة السوائل القابلة للامتزاج، وأن التشبيه الذي يمكن استخدامه هنا هو السباح الذي لا يطرأ أي تغيير على الحالة الطبيعية لجسمه عند وجوده في الماء.

ومن ثم فإن نجاح عمليات الاستخلاص الثانوية يعتمد على الآلية التي يقوم بها السائل المحقون بإزاحة النفط (كفاءة الإزاحة) وعلى حجم المكمن الذي يدخله السائل المحقون (المطابقة أو كفاءة الكنس)، وفي معظم المشاريع الثانوية المقترحة تقوم المياه بكلا الأمرين بشكل أكثر فعالية من الغاز، ويجب تقرير ما إذا كان استخدام الغاز يوافر أي مزايا اقتصادية بسبب التوافر والسهولة النسبية للحقن، وفي المكامن ذات النفاذية العالية والمدى الرأسي العالي، قد يؤدي حقن الغاز إلى عوامل استخلاص عالية نتيجة الفصل بالجاذبية كما هو موضح في قسم لاحق. لكن مع ذلك فإنه إذا كان المكمن يفتقر إلى النفاذية الرأسية الكافية أو إمكانية الفصل بالجاذبية، فبالإمكان استخدام محرك أمامي مماثل لذلك المستخدم في حقن الماء (حقن الغاز المشتت)، ومن ثم فإنه من المتوقع أن يكون حقن الغاز المشتت أكثر فعالية في المكامن الرقيقة نسبياً التي تحتوي على القليل من الانخفاض، ويكون الحقن في الجزء العلوي من التكوين أو في غطاء الغاز أكثر نجاحاً في المكامن ذات النفاذية الرأسية الأعلى (200 ميللي أو أكثر) وتخفيف رأسي كافٍ للسماح لغطاء الغاز بإزاحة النفط إلى أسفل.

في أثناء سحب السوائل من البئر فإنه من المعتاد الحفاظ على الضغوط في المكمن عند المستويات الأصلية أو بالقرب منها عن طريق ضخ الغاز أو الماء في المكمن في أثناء سحب الهيدروكربونات، وأن هذه الممارسة لها ميزة تأخير الانخفاض في إنتاج الآبار الفردية وزيادة العائد النهائي بشكل كبير، وقد يؤدي أيضاً إلى الحفاظ على الغاز الذي يمكن إهداره والتخلص من المحاليل الملحية التي قد تلوث مياه الشرب السطحية والقريبة من السطح.

لا يزال حقن الماء في الغالب هو عملية استخلاص ثانوي - تدفق الماء، وربما يكون السبب الرئيس لذلك هو أن مياه تكوين المكمن لا تتوافر عادة

من حيث الحجم خلال السنوات الأولى لحقل النفط وقد تكون مياه صيانة الضغط من خارج الحقل باهظة الثمن. عندما ينتج حقل صغير كمية كبيرة من المياه فإنه بالإمكان حقنها مرة أخرى في المكمن في المقام الأول لغرض تخفيف الأذى، ولكن الحفاظ على ضغط المكمن هو منتج ثانوي قيم.

لكن مع ذلك فإن البعض من الممرات في التكوين هي أكبر من غيرها، ويميل الماء إلى التدفق بحرية عبر هذه الممرات متجاوزاً الممرات الأصغر حيث يبقى النفط، وأن حل جزئي لهذه المشكلة ممكن عن طريق فيضان السوائل الممتزج. إذ يتم ضخ البيوتان السائل والبروبان في الأرض تحت ضغط كبير، مما يؤدي إلى إذابة النفط وحمله من الممرات الأصغر، ويتم الحصول على ضغط إضافي باستخدام الغاز الطبيعي.

3-3-3: الاستخلاص المعزز للنفط

إن الاستخلاص المعزز للنفط (الاستخلاص الثلاثي للنفط) هو النفط النهائي الإضافي الذي يمكن استخراجه من مكمن البترول فوق النفط الذي يمكن الحصول عليه من خلال طرائق الاستخراج الأولية والثانوية (Speight 2009 ،)، وفي الواقع فإن البعض من أنواع المكامن من مثل تلك التي تحتوي على نفوط خام شديدة اللزوجة وعدد من مكامن الكربونات منخفضة النفاذية (الحجر الجيري أو الدولوميت أو الشرت) تستجيب بشكل سيئ لتقنيات الاستخلاص الثانوي التقليدية.

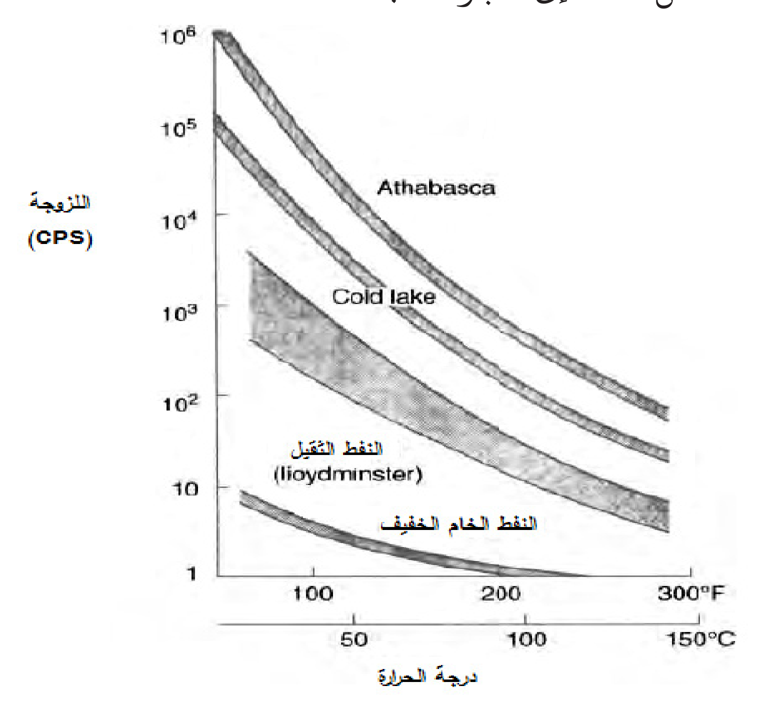
ومن المستحسن في هذه المكامن الشروع في عمليات الاستخلاص المعزز للنفط EOR في أقرب وقت ممكن، وقد يعني هذا إلى حد كبير اختصار عمليات الاستخلاص الثانوية التقليدية أو تجاوزها تماماً، كما تستخدم الفيضانات الحرارية التي تستخدم البخار وطرائق الاحتراق في الموقع التي يتم التحكم فيه. تعمل طرائق الاستخلاص الحرارية على تقليل لزوجة النفط الخام بالحرارة بحيث يتدفق بسهولة أكبر في بئر الإنتاج، ومن ثم فإن التقنيات الثلاثية عادةً ما تكون اختلافات في الطرائق الثانوية بهدف تحسين عمل الكنس للسائل الغازي.

لقد تم تصميم طرائق الاستخلاص المعزز للنفط لتقليل لزوجة النفط الخام (أي تقليل نقطة صب النفط الخام بالنسبة لدرجة حرارة المكمن) ومن ثم زيادة إنتاج النفط، ويتم تطبيق طرائق استخلاص النفط المُعزز عندما لا تكفي تقنيات استخلاص النفط الثانوية لاستمرار الإنتاج، ويتم الاحتفاظ بالنفط المتبقي بعد عمليات الاستخلاص التقليدية في مساحة مسام صخر المكمن بتركيز أقل مما كان موجوداً في الأصل. يبقى النفط المتبقي في أجزاء المكمن التي تم ملامستها أو مسحها بواسطة سائل الحقن على شكل قطرات (أو عقد) محاصرة إما في المسام الفردية أو مجموعات من المسام، وقد يبقى أيضاً كأغشية تغطي جزئياً جدران المسام، ويرجع انحباس هذا النفط المتبقي في الغالب إلى القوى الشعرية والسطحية وهندسة أنظمة المسام.

تستخدم عمليات استخلاص النفط المُعززة تأثيرات سلوكية في الطور الحراري أو الكيميائي أو السائل لتقليل القوى الشعرية التي تحبس النفط في داخل المسام أو القضاء على هذه القوى، أو لتخفيف النفط أو تحسين حركته أو تغيير حركة السوائل المزاحة (Speight, 2009). وفي عدد من الحالات فإنه بالإمكان التقليل من تأثيرات قوى الجاذبية التي تسبب عادةً الفصل الرأسي للسوائل ذات الكثافة المختلفة، أو حتى استخدامها للاستفادة منها. تختلف العمليات المختلفة بشكل كبير من حيث التعقيد والآليات الفيزيائية المسؤولة عن استخلاص النفط وكمية الخبرة المستمدة من التطبيق الميداني، وستعتمد الدرجة التي يمكن أن تنطبق عليها طرائق استخلاص النفط المُعزز في المستقبل على تطوير تقنية عملية مُعززة، وكما سيعتمد على الفهم المحسن لكيمياء السوائل وسلوك الطور والخصائص الفيزيائية، وعلى دقة الجيولوجيا وهندسة المكامن في توصيف الطبيعة الفيزيائية للمكامن الفردية (Borchardt and Yen, 1989).

لقد تبين أن الطرائق الحرارية لاستخراج النفط هي أكثر استخداماً عندما يكون النفط الموجود في المكمن له لزوجة عالية، فعلى سبيل المثال فإنه عادةً ما يكون النفط الثقيل شديد اللزوجة مع لزوجة تتراوح من نحو 100

سنتيبوسيس centipoises إلى عدة ملايين من السنتيبوسيس في ظروف المكمن (الشكل 3-4). بالإضافة إلى ذلك فإن لزوجة النفط تُعد أيضاً دالة على درجة الحرارة والكثافة النوعية API ((Speight, 2000) ، وتضيف هذه العمليات حرارة إلى المكمن لتقليل لزوجة النفط و/ أو لتبخير النفط. وفي كلتا الحالتين فإنه يتم جعل النفط أكثر قدرة على الحركة بحيث يمكن دفعه بشكل أكثر فاعلية إلى إنتاج الآبار، بالإضافة إلى إضافة الحرارة فإن هذه العمليات توافر قوة دافعة لنقل النفط إلى الآبار المنتجة.



الشكل 3-4: تباين لزوجة البترول والنفط الثقيل وبيتومين رمال القار مع درجة الحرارة

تشمل طرائق الاستخلاص الحرارية الحقن بالبخار الدوري والغمر بالبخار والاحتراق في الموقع، وتوصف العمليات البخارية بأنها الأكثر تقدماً من بين جميع طرائق استخلاص النفط المُعززة من حيث الخبرة الميدانية، ومن ثم فهي تتمتع بأقل قدر من عدم اليقين في تقدير الأداء بشرط توافر وصف جيد للمكمن. غالباً ما يتم تطبيق عمليات البخار في مكامن تحتوي على نفوط لزجة

وقار بدلاً من اتباع الطرائق الثانويـــة أو الأولية، ولقد بدأ التطبيق التجاري لعمليات البخار منذ أوائل ســتينات القرن المــاضي، وتم اختبار الاحتراق في الموقع ميدانياً في ظل مجموعة متنوعة مـــن ظروف المكمن، لكن القليل من المشاريع أثبتت أنها اقتصادية ومتقدمة على نطاق تجاري.

إن الحقـــن بالبخار الدوري (النقع بالبخـــار، النفخ بالبخار) هو الحقن المتناوب للبخار وإنتـــاج النفط بالبخار المكثف من البئر أو الآبار نفســـها، وتتضمن عملية الحقن بالبخـــار الدوري ثلاث مراحل: في المرحلة **الأولى** يتم الحقن إذ يتم إدخال كمية محســـوبة من البخار في المكمن، وفي المرحلة **الثانية** (فترة النقع) تتطلب أن يتم إغلاق البئر لفترة زمنية عادةً ما تكون عدة أيام للسماح بتوزيع حرارة موحد لتقليل لزوجة النفط أو لرفع درجة حرارة المكمن فـــوق نقطة صب النفط، أخيراً وفي خلال المرحلة **الثالثة** فإنه يتم إنتاج النفط المتنقل حالياً من خلال البئر نفسها، وتتكرر الدورة حتى يتناقص تدفق النفط إلى نقطة اللاعودة.

عادةً ما يتـــم تطبيق الاحتراق في الموقع على المكامـــن التي تحتوي على نفط منخفض الكثافة ولكن تم اختبار الاحتراق وعلى الأرجح على أوســـع نطاق من الظروف لأي عملية مُعززة لاستخلاص النفط، وفي هذه العملية فإنه يتم توليد الحـــرارة في داخل المكمن عن طريق حقن الهـــواء وحرق جزء من النفط الخام. هـــذا يقلل من لزوجة النفط ويتبخر النفط جزئياً في مكانه ويتم إخراج النفط من المكمن عن طريق مزيج من البخار والماء الســـاخن ومحرك الغاز، ويتضمن الاحتراق الأمامي حركة الجبهة الساخنة في اتجاه الهواء المحقون نفسه، ويتضمن الاحتراق العكسي حركة الجبهة الساخنة عكس اتجاه الهواء المحقون.

يصبح الجزء الصغير نسبياً من النفط المتبقي بعد أن تعمل آليات الإزاحة هذه وقـــوداً لعملية الاحتراق في الموقع، ويتم الحصـــول على الإنتاج من الآبار المقابلة لمواقع الحقن، وفي البعض من التطبيقات يمكن تحسين كفاءة عملية الاحتراق الـــكلي في الموقع عن طريق تنـــاوب حقن الماء والهـــواء، ويميل الماء المحقون إلى تحسين الاســـتفادة من الحرارة عن طريق نقل الحرارة من الصخر

خلف منطقة الاحتراق إلى الصخر مباشرة قبل منطقة الاحتراق.

تُستخدم في عمليات الاستخراج المعدلة في الموقع مجموعات من تقنيات التعديـن في الموقع للوصول إلى المكمن، ويتوجب إزالة جزء من صخر المكمن لتمكين تطبيق تقنية الاستخراج في الموقع، وأن الطريقة الأكثر شيوعاً هي دخول المكمن من خلال عمود رأسي بقطر كبير وحفر الانجرافات الأفقية من أسفل العمود، وحفر آبار الحقن والإنتاج أفقياً من هذه الانجرافات. ثم يتم تطبيق عمليات الاستخراج الحراري من خلال الآبار، وعندما يتم حفر الآبار الأفقية عند قاعدة مكمن رمال القار أو بالقرب منها ترتفع الحرارة المحقونة من آبار الحقن عبر المكمن ويتم تصريف السوائل المُنتجة إلى آبار الإنتاج بمساعدة الجاذبية.

4-3: استخلاص البيتومين

في حال بيتومين رمال القار فإن البديل للمعالجة في الموقع هو استخراج رمال القار ونقلها إلى مصنع المعالجة واستخراج قيمة البيتومين والتخلص من رمل النفايات، وغالباً ما يشار إلى من مثل هذا الإجراء بإسم تعدين النفط، وهذا هو المصطلح المطبق على التنقيب السطحي أو الجوفي للتكوينات الحاملة للبترول من أجل الإزالة اللاحقة للنفط الثقيل أو البيتومين عن طريق الغسيل أو التعويم أو المعالجات المعوجة. يشمل تعدين النفط أيضاً استخلاص النفط الثقيل عن طريق الصرف من طبقات المكمن إلى ممرات المناجم أو الفتحات الأخرى المدفوعة في الصخور، أو عن طريق الصرف من صخر المكمن إلى فتحات المناجم المدفوعة خارج رمال القار ولكنها متصلة بها بواسطة فتحات التجويف أو آبار المناجم.

عادةً ما تكون كثافة بيتومين رمال القار API أقل من 10 درجات اعتماداً على الرواسب، وبينما قد يكون للنفوط الخام التقليدية لزوجة عدة موازين (عند 40 درجة مئوية، 105 درجة فهرنهايت) ، فإن بيتومين رمال القار له لزوجة من ترتيب 50000 سنتيبوسيس إلى 1000000 سنتيبوسيس أو أكثر في درجات حرارة التكوين الصخري (نحو 0 درجة مئوية إلى 10 درجات مئوية،

32 درجة فهرنهايت إلى 50 درجة فهرنهايت حسب الموسم)، وهذا يقدم عقبة هائلة ولكنها ليست عقبة لا يمكن التغلب عليها لاستخلاص البيتومين.

3-4-1 طرائق التعدين

حظيت طريقة التعدين للاستخلاص باهتمام كبير منذ اختيارها كأسلوب مفضل للمصنعين التجاريين الوحيدين لاستخلاص القار في أمريكا الشمالية، ولقد تم اختبار العمليات في الموقع عدة مرات في الولايات المتحدة وكندا وأجزاء أخرى من العالم وهي جاهزة للتسويق، وهناك أيضاً مخططات مفاهيمية تجمع بين كل من أساليب التعدين (الاستخلاص فوق سطح الأرض) والطرائق في الموقع (الاستخلاص غير التعديني).

إن التعدين السطحي هو طريقة التعدين التي تستخدمها Suncor Energy وSyncrude Canada Limited لاستخلاص الرمال النفطية من الأرض، ويمكن استخدام التعدين السطحي في مناطق الرمال النفطية القابلة للتعدين التي تقع تحت 75 متراً (250 قدماً) أو أقل من المواد المثقلة. يمكن استخراج 7% فحسب من رواسب الرمال النفطية لأثاباسكا باستخدام تقنية التعدين السطحي، إذ أن 93% الأخرى من الرواسب بها أكثر من 75 متراً من الرواسب، وسيتعين تعدين 93% المتبقية باستخدام تقنيات تعدين مختلفة.

إن الخطوة الأولى في التعدين السطحي هي إزالة المسكيك muskeg والعبء الزائد، والمسكيك هي منطقة مبللة بالماء من مادة نباتية متحللة بسمك متر واحد إلى ثلاثة أمتار تقع فوق المادة المثقلة، وقبل إزالة المسكيك فإنه يتوجب تصريف محتواه المائي، وقد تستغرق العملية ما يصل إلى ثلاث سنوات حتى تكتمل. بمجرد أن يتم تجفيف المسكيك وإزالته فإنه يتوجب أيضاً إزالة الغطاء الزائد، وأن الطبقة السطحية هي عبارة عن طبقة من الطين والرمل والطمي تقع مباشرة فوق ترسبات الرمال النفطية، ويتم استخدام الأحمال الزائدة لبناء السدود والحواجز حول المنجم، وسيتم استخدامها في النهاية لمشاريع استصلاح الأراضي، وعندما يتم إزالة كل الأغطية فإن رمال النفط تنكشف وتكون جاهزة للتعدين.

هناك طريقتان للتعدين قيد الاستخدام حالياً في رمال أثاباسكا النفطية، تستخدم Suncor Energy طريقة الشاحنة والمجرفة في التعدين، في حين تستخدم Syncrude طريقة الشاحنة والمجرفة في التعدين بالإضافة إلى خطوط السحب وآلات إصلاح عجلة الجرافة. يتم التخلص التدريجي من خطوط السحب الضخمة وعجلات الجرافة هذه وسيتم استبدالها بالكامل قريباً بشاحنات كبيرة ومجارف، وأن الجرافة تجرف الرمال النفطية وتفرغها في شاحنة نقل ثقيلة، وهذه الشاحنة تنقل الرمال النفطية إلى حزام ناقل ينقل هذه الرمال من المنجم إلى مصنع الاستخراج.

تحتوي رمال القار كما هو مستخرج تجارياً في كندا على متوسط 10 إلى 12% بيتومين، و 83 إلى 85% مواد معدنية و 4 إلى 6% ماء، ويغطي غشاء من الماء معظم المواد المعدنية، وأن هذه الخاصية تسمح بالاستخراج عن طريق عملية الماء الساخن، وهي العملية التجارية الناجحة الوحيدة حتى الآن التي يتم تطبيقها لاستخلاص البيتومين من رمال القار التي تم تعدينها في أمريكا الشمالية (Speight,2008)، ولقد تم اختبار العديد من الخيارات العملية بدرجات متفاوتة من النجاح وقد يحل أحد هذه الخيارات محل عملية الماء الساخن.

في عملية استخلاص الماء الساخن يتم إدخال تغذية رمال القار في أسطوانة التكييف، وفي هذه الخطوة يتم تسخين الرمال النفطية ويبدأ تكتل جزيئات النفط، ويتم إجراء التكييف في أسطوانة تدور ببطء تحتوي على نظام تجنيب البخار للتحكم في درجة الحرارة بالإضافة إلى أجهزة الخلط للمساعدة في تقليل حجم الكتلة وحجم القاذف في نهاية المخرج. إن إحدى القضايا الاقتصادية التي تنشأ عن عملية الماء الساخن هي التخلص من المخلفات والتحكم فيها، والحقيقة هي أن كل طن من الرمال النفطية في مكانه يبلغ حجمه نحو 16 قدماً مكعباً، مما سيولد نحو 22 قدماً مكعبة من المخلفات مما يعطي زيادة في الحجم بنسبة 40%، فإذا كان المنجم ينتج نحو 200,000 طن من الرمال النفطية يومياً، فإن التوسع في الحجم يمثل مشكلة كبيرة في التخلص من المواد الصلبة.

3-4-2: طرائق غير التعدين

إن الاستخلاص غير المنجمي للبيتومين من رواسب رمال القار ومن حيث المبدأ يُعد تقنية اســتخلاص مُعززة وهي تتطلب حقن سائل في التكوين من خلال جدار الحقن، وهذا يؤدي إلى إزاحة البيتومين في الموقع من الاستخلاص وإنتاج البيتومين على السطح من خلال الخروج (بئر الإنتاج). لكن مع ذلك فإن هناك العديد من القيود الخطيرة التي لها أهمية خاصة وتتعلق بالخصائص الضخمة لرمال القار والبيتومين، وفي الواقع فإنه يجب النظر في كليهما بالكامل في سياق استخلاص البيتومين بتقنيات غير التعدين، وعلى سبيل المثال فإن من مثل هذه العمليات تحتاج إلى طبقة ســميكة نسبياً من الأثقال لاحتواء المادة المحركة في داخل التكوين بين آبار الحقن والإنتاج.

إن واحدة من أوجه القصور الرئيسة في تطبيق تقنيات التعدين لاستخلاص البيتومين من رواســب رمال القار (بجانب تكاليف رأس المال الفورية) هي المشــاكل البيئية المرتبطة بها، فضلاً عن ذلك فإنه في معظم الرواسب المعروفة تكمن الغالبية العظمى من البيتومين في التكوينات التي تكون فيها نســبة العبء/منطقــة الدفــع مرتفعة للغايــة. لذلك فإنه ليس من المســتغرب أنه خلال العقدين الماضيين كان قــد تم تطبيق عدد كبير من المصانع التجريبية لاســتخلاص البيتومين بتقنيات غير التعدين من رواسب رمال القار، إذ أن التضاريس المحلية وطبيعة رمال القار قد لا تفضل خيار التعدين.

تُعــد العمليات البخارية الأكثر تقدماً من بين جميع طرائق اســتخلاص النفــط المُعززة من حيث الخبرة الميدانية، ومن ثــم فإنها تتمتع بأقل قدر من عدم اليقين في تقدير الأداء بــشرط توافر وصف جيد للمكمن، وغالباً ما يتم تطبيــق عمليات البخار في مكامن تحتوي على نفــوط لزجة وقطران بدلاً من اتبــاع الطرائق الثانوية أو الأولية. لقد بدأ التطبيق التجاري لعمليات البخار منذ أوائل ستينات القرن الماضي، وقد تم اختبار الاحتراق في الموقع ميدانياً في ظل مجموعة متنوعة من ظروف المكمن، لكن القليل من المشاريع أثبتت أنها اقتصادية ومتقدمة على نطاق تجاري.

تشـــمل الاختلافات الأخرى حول هذا الموضوع استخدام البخار ووسائل تقليل الشـد الســطحي باســتخدام مذيبات مختلفة، ولقد حقق أســلوب الاســتخلاص بالمذيبات البعــض من النجاح عند تطبيقه على اســتخلاص البيتومين من رمال القار التي تــم تعدينها ولكن عند تطبيقه على مادة غير مُعَدّنة فإن فقد المذيب والبيتومين دائماً ما يمثل عقبة رئيسة، ولا ينبغي رفض هذا النهج خارج نطاق الســيطرة لأنه قد ينشـأ مفهوم جديد يضمن خسائر قليلة، ولكنها مقبولة من البيتومين والمذيب.

عادةً مــا يتم تطبيق الاحتراق في الموقــع على المكامن التي تحتوي على نفط منخفض الكثافة ولكن تم اختباره على الأرجح على أوسع نطاق من الظروف لأي عملية مُعززة لاســتخلاص النفط، وفي هذه العملية يتم توليد الحرارة في داخل المكمن عن طريق حقن الهــواء وحرق جزء من النفط الخام. هذا يقلل من لزوجة النفط ويتبخر النفط جزئياً في مكانه ويتم إخراج النفط من المكمن عن طريق مزيج من البخار والماء الســاخن ومحرك الغاز، ويتضمن الاحتراق الأمامي حركة الجبهة الساخنة في اتجاه الهواء المحقون نفسه، ويتضمن الاحتراق العكسي حركة الجبهة الساخنة عكس اتجاه الهواء المحقون.

أخيراً فإنه وفقاً لجميع التعاريف تُعد جودة البيتومين من رواســب رمال القار الرديئة كمادة وســيطة في المصفاة، وكما هو عليه الحال في أي مجال تتبع فيه عمليات الاستخلاص الأولية عمليات استخلاص ثانوية أو معززة وهناك تغيــير في جودة المنتج، وهذا هو الحال أيضاً بالنســبة لعمليات اســتخلاص رمال القار، وهكذا فإن نفوط المنتج المستخلصة عن طريق التحفيز الحراري لرواســب رمال القار تُظهر البعض من التحســن في الخصائص مقارنة بتلك الموجودة في البيتومين في المكان.

على الرغم من أن هذا التحســين في الخصائص قد لا يبدو جذرياً للغاية، إلا أنه عادةً مــا يكون كافياً للحصول على مزايا كبيرة لمشــغلي المصفاة، أي زيادة تدريجية في وحدات نسبة الهيدروجين/الكربون يمكن أن توفر كميات

من الهيدروجين المكلف في أثناء الترقية، وأن المبادئ نفســها هي فعالة أيضاً في التخفيضات في محتويات النيتروجين والكبريت والأوكسجين.

لقد تم تطوير العديد من المفاهيم المبتكرة في إنتاج النفط الثقيل وأثرت العديد من التقنيات الجديدة بشكل إيجابي في صناعة النفط الثقيل في السنوات العشر الماضية.

تم تطوير الصرف بمســاعدة البخــارSAGD أولاً في كندا للمكامن حيث يوجد البيتومين غير المتحرك ويستخدم الآبار الأفقية المزدوجة، ويتم حقن بخار الضغط المنخفض باستمرار من خلال البئر العلوي، وينشئ غرفة بخار على طول الجدران التي يتدفق منها البيتومين الساخن ويتم إنتاجه في البئر السفلية.

لقد تم تطوير العديد من الاختلافات في هذه العملية، إذ يســتخدم أحد الاختلافات بئراً أفقية واحدة، ومع حقن بخار عبر أنبوب مركزي والإنتاج على طول الحلقة، أما الاختلاف الآخر فإنه يتضمن الحقن بالبخار من خلال الآبار الرأســية القائمة والإنتاج من خلال بئر أفقية أساسية. تتمثل الفوائد الرئيسة لعملية تطوير الصرف بمســاعدة البخار في تحســين نســبة النفط البخاري والاستخلاص النهائي العالي (في حدود60% إلى70%)، وتتعلق المشاكل الفنية البارزة بانخفاض معدل النفط الأولي، والرفع الاصطناعي للقار إلى الســطح، وتشغيل البئر الأفقية واستقراء العملية لمكامن ذات نفاذية منخفضة أو ضغط منخفض أو مياه القاع.

يُعد توليد الحــرارة من القيود الاقتصادية الرئيســة على جميع العمليات الحراريــة، ويتم حالياً توليد البخار بالغاز الطبيــعي، وعندما ترتفع تكلفة الغاز الطبيعي فإن تكاليف التشغيل ترتفع بشكل كبير، ومن الناحية الحرارية يكون تطوير الصرف بمســاعدة البخــار ضعف كفــاءة التحفيز الدوري للبخار، مع نسب نفط بخار تقترب الآن من اثنين (بدلاً من أربعة لنقع البخار الدوري) لحالات مماثلة، وبالاقتران مع نسب الاستخلاص العالية الممكنة فإنه

من المحتمل أن يحل تطوير الصرف بمساعدة البخار محل العملية الحرارية المضغوطة في جميع الحالات التي يكون فيها المكمن سميكاً بشكل معقول.

إن استخراج البترول بمساعدة البخار VAPEX هو عملية جديدة تكون فيها فيزياء العملية هي نفسها بالنسبة لتطوير الصرف بمساعدة البخار ويكون تكوين الآبار متشابهاً بعامة، وتتضمن العملية حقن مذيبات مبخرة من مثل الإيثان أو البروبان لإنشاء غرفة بخار يتدفق من خلالها النفط بسبب تصريف الكثافة (Butler and Mokrys, 1991; United States Patent 5,407,009; United States Patent 5,607,016. 1995; Butler and Jiang, 2000). يمكن تطبيق العملية في الآبار الأفقية المزدوجة أو الآبار الأفقية المفردة أو في مجموعة من الآبار الرأسية والأفقية، وتتمثل الفوائد الرئيسة في انخفاض تكاليف الطاقة بشكل كبير، وإمكانية الترقية في الموقع والتطبيق على المكامن الرقيقة باستخدام المياه السفلية أو علم المعادن التفاعلي.

يمكن استخدام استخلاص البترول بمساعدة البخار جنباً إلى جنب مع طرائق تصريف الكثافة المدعومة بالبخار، وأن العامل الرئيس هو توليد نظام ثلاثي الطور مع طور غازي مستمر بحيث يمكن الاتصال بأكبر قدر ممكن من النفط من خلال المراحل الغازية، مما يولد آلية تصريف غشاء النفط الرقيق. تعد حواجز النفاذية العمودية مشكلة وأنه يجب التغلب عليها من خلال التكسير الهيدروليكي لإنشاء قنوات نفاذة رأسية، أو تقويضها من خلال النمو الجانبي للتجويف خارج النطاق الجانبي للحاجز المحدود، أو الارباك.

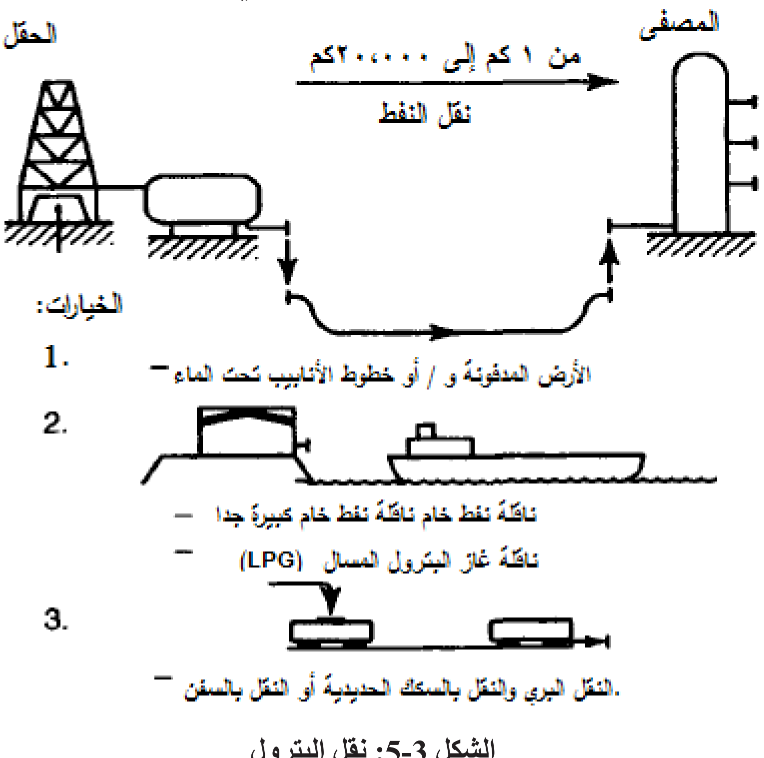
تتضمن عمليات الاستخلاص المعزز للنفوط الميكروبية (MEOR) استخدام الكائنات الدقيقة في المكمن أو البكتيريا الطبيعية المختارة خصيصاً لإنتاج أحداث أيضية محددة تؤدي إلى تعزيز استخلاص النفط (Speight,2009).

يختلف استخلاص النفط المعزز الميكروبي عن الاستخلاص المعزز كيميائياً للنفط في الطريقة التي يتم بها إدخال المنتجات المعززة في المكمن، لكن مع ذلك فإنه على الرغم من أن الميكروبات تنتج التفاعلات الكيميائية

الضرورية في الموقع بينما قد تميل المواد الكيميائية المحقونة بالسطح إلى اتباع مناطق ذات نفاذيـــة أعلى مما يؤدي إلى انخفاض كفـــاءة الاجتياح، فإن هناك حاجة إلى الحذر والمراقبة الذكية لتأثـــيرات الكائنات الحية الدقيقة في كيمياء المكامن، ويمكن أن تكون الآلية التي تعمل بها عمليات استخلاص النفط المعزز الميكروبي معقدة للغاية وقد تتضمن عمليات كيميائية حيوية متعددة.

5-3: النقل

تقع معظم حقول النفط على مســـافة كبيرة من المصافي التي تحول النفط الخام إلى منتجات قابلة للاســـتخدام، ومن ثم فإنه يجب نقل النفط في خطوط الأنابيب والناقلات (الشـــكل 3-5)، ومع ذلك فإن معظم النفط الخام يحتاج إلى شكل من أشكال المعالجة بالقرب من المكمن قبل أن يمكن نقله لمسافات كبيرة عبر خطوط الأنابيب أو في الناقلات، كما تُســـتخدم عربات الســـكك الحديدية والمركبات ذات المحركات إلى حد كبير في نقل المنتجات البترولية.



الشكل 3-5: نقل البترول

إن السوائل المنتجة من البئر هي نادراً ما تكون نفط خام نقي، وفي الواقع فإنه غالباً ما يحتوي النفط على كميات من الغاز أو المياه المالحة أو حتى الرمل، ويتوجب أن يتم الفصل قبل النقل، وعادة ما يتم الفصل والتنظيف في منشأة مركزية تجمع النفط المنتج من عدة آبار، وبالإمكان فصل الغاز بسهولة عند فوهة البئر، وعندما يكون ضغط الغاز في النفط الخام الذي يخرج من السطح ليس جد كبير فإنه بالإمكان استخدام مكمن تدفق بسيط مزود بحواجز لفصل الغاز عن النفط عند الضغط الجوي، وفي حالة وجود كمية كبيرة من الغاز وبخاصة إذا كان النفط الخام تحت ضغط كبير فإن سلسلة من مكامن التدفق هي ضرورية. قد يحتوي الغاز الطبيعي نفسه على شوائب من مادة أو أكثر من المواد غير الهيدروكربونية، وأن أكثر هذه الشوائب وفرة هو كبريتيد الهيدروجين الذي يضفي رائحة ملحوظة للغاز، وتعتبر كمية صغيرة من هذا المركب أو مشتقة منه ذات رائحة عطرية متساوية مفيدة لأنها تُعطي مؤشراً على التسرب ومكان حدوثه (Mokhatab et al, 2006).

إن الخطوة الأخرى التي يجب اتخاذها في تحضير النفط الخام للنقل هي التخلص من الكميات الزائدة من الماء، وعادة ما يحتوي النفط الخام الموجود في فوهة البئر على ماء مستحلب بنسب قد تصل إلى كميات تقترب من 80 إلى 90%، ومن المطلوب بعامة أن يحتوي النفط الخام الذي يتم نقله عن طريق خط الأنابيب على كمية أقل من الماء بشكل كبير، مما قد يظهر في الخام عند فوهة البئر. وفي الواقع فإنه قد تم تحديد محتويات الماء من 0.5% إلى 2.0% على أنها أقصى كمية يمكن السماح بها في النفط الخام ليتم نقلها عن طريق خط الأنابيب، لذلك فإنه من الضروري إزالة المياه الزائدة من النفط الخام قبل النقل.

عادة ما تكون الكريات ذات الطور الواحد في المستحلب محاطة بغشاء رقيق من عامل استحلاب يمنعها من التجمع في قطرات كبيرة، وفي حالة مستحلب النفط والماء فإنه قد يكون عامل الاستحلاب جزءاً من المكونات الثقيلة (الإسفلتية) الأكثر قطبية، وقد يتم تكسير الغشاء ميكانيكياً أو

كهربائياً أو عن طريق استخدام عوامل إزالة الاستحلاب وخفض نسبة الماء في النفط إلى الكميات المحددة، ومن ثم فإن النفط الخام يكون مناسباً للنقل.

يمكن تبسيط نقل النفط الخام بشكل أكبر عن طريق مزج النفوط الخام من عدة آبار، ومن ثم تجانس المواد الخام إلى المصفاة، وإنها من الممارسات المعتادة، لكن مع ذلك فإن مزج النفوط الخام ذات الخصائص المتشابهة على الرغم من أن التقلبات في خصائص النفوط الخام الفردية قد تسبب اختلافات كبيرة في خصائص المزيج على مدى فترة زمنية، لكن مع ذلك فإن تقنية مزج العديد من النفوط الخام قبل النقل أو حتى بعد النقل ولكن قبل التكرير، فإنه قد يقضي على الحاجة المتكررة لتغيير ظروف المعالجة التي قد تكون مطلوبة لمعالجة كل نفط خام على حدة.

أدى وصول كميات كبيرة من نفط البترول إلى مراكز الاستيراد والتكرير إلى الحاجة إلى مرافق التخزين، وأن الشكل المعتاد لتخزين النفط الخام هو تجميع صهاريج تخزين أسطوانية كبيرة من الصلب **(مزرعة الصهاريج)** التي تعد مشهداً مألوفاً في معظم المصافي ومحطات الشحن، وتتنوع الخزانات في الحجم لكن بعضها قادر على استيعاب ما يصل إلى 950 ألف برميل من النفط، ويمكن أيضاً تخزين النفط الخام في ميزات جيولوجية من مثل قباب الملح. سبق أن تم ترشيح القباب أو تفريغها في كهوف ضخمة تحت الأرض، من مثل تلك المستخدمة من قبل الاحتياطي البترولي الستراتيجي الأمريكي في لويزيانا وتكساس، وتشمل مرافق التخزين الأخرى تحت الأرض مناجم الفحم المهجورة والكهوف الاصطناعية، ويتم تخزين الغاز الطبيعي في بعض الأحيان في مكامن قديمة تم استخراج الغاز منها، ويُضخ الغاز تحت الضغط في المكمن في أوقات انخفاض الطلب على الغاز بحيث يمكن استرجاعه لاحقاً لتلبية ذروة الطلب.

عادةً ما تنجز خطوط الأنابيب نقلاً واسع النطاق للنفط الخام والمنتجات البترولية المكررة والغاز الطبيعي والناقلات، في حين يتم التوزيع على نطاق

أصغر وبخاصة المنتجات البترولية بواسطة الصنادل والشاحنات وعربات صهاريج السكك الحديد. وفي الواقع فإن النقل من مصدر النفط الخام إلى السوق قديم قدم الصناعة نفسها، حتى أن القار المستخدم في بابل ومدن أخرى في الهلال الخصيب كان لا بد من نقله من التسرب في هيت إلى المكان الذي سيتم استخدامه فيه.

في العصر الحديث كان نقل النفط الخام من الحقول إلى المصافي والمنتجات إلى مراكز السوق يعتمد في وقت ما وبشكل أساس على النقل بالسكك الحديدية، وبحلول أوائل سبعينات القرن الماضي تضاءل استخدام عربات صهاريج السكك الحديدية لدرجة أن السكك الحديدية كانت تنقل ما يزيد قليلاً عن 1% من إجمالي حمولة البترول، ولقد ازدادت عدد الأميال التي قطعتها خطوط الأنابيب لتصبح وسيلة النقل الرئيسة.

كان هناك اتجاهان تقنيان رئيسيان خلال تلك الفترة أديا إلى زيادة استخدام خطوط الأنابيب: (1) تم استخدام الأنابيب ذات القطر الكبير على نطاق واسع، (2) أصبحت مضخات الديزل الأكثر كفاءة متاحة للتركيب في المحطات على طول الخط لتحل محل النماذج التي تعمل بالبخار. بالإضافة إلى ذلك كانت هناك تطورات أخرى من مثل (1) إدخال أدوات التوصيل الملحومة بدلاً من البراغي، (2) استخدام الفولاذ عالي الكربون لاستبدال الأنابيب الملحومة، و (3) استبدال معدات الديزل بمضخات تعمل بالكهرباء، وفي الوقت الحالي فإن قطر خط الأنابيب المستخدم في نقل البترول قد يصل إلى 48 بوصة وقد يغطي عدة آلاف من الأميال.

يمكن استخدام خطوط الأنابيب لنقل أنواع مختلفة من النفط الخام (نقل دفعة واحدة)، وعندما يتوجب الاحتفاظ بالدفعات المختلفة منفصلة لمنع الاختلاط فإنه يتم استخدام رخويات من الكيروسين أو الماء أو أحياناً كرات مطاطية قابلة للنفخ لفصل الدُفعات. لكن مع ذلك فإن هناك أيضاً احتمال أن يتم نقل الدُفعات عبر خطوط الأنابيب بدون هذه الفواصل، وقد

تكـــون خصائص كل دفعـــة بحيث يتم منع الخلط بخــلاف تكوين واجهة ضيقة، وغالباً ما يكون من الضروري تمرير منظفات أســطوانية من الصلب عبر خطــوط الأنابيب بين محطات الضخ وذلك للحفــاظ على خط الأنابيب خالياً من الرواسب.

تُستخدم شــاحنات الصهاريج في كل من عمليات النقل بالقفل والنقل المتوســط من التصنيع والنقل عن بعــد من التصنيع والنقــاط الطرفية إلى المســتهلكين المحليين والتجاريين والصناعيين الذيــن يحتفظون بصهاريج التخزين في مبانيهم، وبســبب التكاليف فإن معظم عمليات التسليم بالجملة بالشاحنة تقع في دائرة نصف قطرها 300 ميل.

ومن ناحية أخرى فإنه بالإمكان إرســال الناقلات البحرية (الشكل 3-6) إلى أي وجهة حيث يمكن للميناء استيعابها ويمكن نقلها إلى طرق مختلفة بحسب الحاجة.



النوع / البضائع	الطول	عرض السفينة	الغاطس البحري	dwt*	السرعة
ناقلات النفط الخام العملاقة/ الخام	332 m	58 m	22 m	298000	15.5 kno
متعدد المنتجات / خزان خام مسخن	244 m	42 m	14.6 m	105000	14 knot
منتج نظيف / متسخ	183 m	32 m	12.2 m	47000	15.6 kno
ناقلة غاز البترول المسال	209 m	31.4 m	12.5 m	47000	—
خزانات كروية للغاز الطبيعى المسال	272 m	47.2 m	11.4 m	67000	18.5 kno
"خزانات الغاز الطبيعي المسال "المستطيلة	287 m	41.8 m	11.3 m	71470	19.2 kno

*dwt (الوزن الساكن بالأطنان) هو سعة شحن السفينة

الشكل 3-6: وصف عام للسفن البحرية المستخدمة في نقل البترول والمنتجات البترولية

إن أســاطيل الناقلات البحرية التي تملكها شركات النفــط العالمية أو تســتخدمها هي مسؤولة أيضاً عن حركة جزء كبير من النفط الخام في العالم، وفي الواقع تشــكل الناقلات البحرية واحدة من أكثر السمات المميزة المرتبطة

بنقل البترول، وأن العديد من هذه السفن تكون بحجم بحيث يوجد عدد قليل من الموانئ التي يمكنها التعامل معها. بدلاً من ذلك تقضي هذه السفن الكبيرة (ناقلات النفط الخام العملاقة VLCC وناقلات النفط الخام الجد ضخمة ULCC) وقتها في الإبحار في البحار بين نقاط مختلفة، وتمتلئ وتفرغ حمولتها دون دخول الميناء، وقد تم تطوير أرصفة تحميل خاصة أو جزر اصطناعية أو عوامات كبيرة راسية بعيداً عن الشاطئ لتحميل أو تفريغ هذه الناقلات.

وبعامة فإنه كلما كبرت الناقلة كلما انخفضت تكلفة وحدتها للنقل، ونتيجة لذلك فقد نما حجم الناقلات بشكل مطرد خلال الستينات والسبعينات، وخلال ثلاثينات وأربعينات القرن العشرين ، كان متوسط حجم الناقلات نحو 12,000 طن من الوزن الساكن (الوزن الساكن = عدد الأطنان من البضائع والمخازن والوقود التي يمكن أن تحملها السفينة عادة). بحلول الخمسينات من القرن الماضي كانت الناقلة بوزن 33,000 طن من الوزن الساكن تعتبر بحجم قياسي، وفي الوقت الحالي تشتمل فئتا VLCC و ULCC على ناقلات تزيد حمولتها عن 200,000 و 300,000 طن من الوزن الساكن، ويوجد أيضاً عدد قليل من الناقلات في نطاق 500,000 طن من الوزن الساكن، وقد تجاوز بعضها هذا الحجم.

عادةً ما يتم تقسيم مساحة الشحن في الناقلات إلى صفين أو ثلاثة أو أربعة صفوف من صهاريج البضائع بواسطة حواجز طولية، وهي مقسمة أيضاً إلى خزانات فردية (من 25 إلى 40 قدماً في السفن الكبيرة) بواسطة حواجز عرضية، ويتم الوصول إلى الخزانات من خلال فتحات مانعة لتسرب النفط على سطح السفينة، ويتم تحميل البضائع أو تفريغها عن طريق مضخات السفينة الخاصة التي قد تزيد سعتها عن 4000 طن / ساعة. لقد دار مؤخراً البعض من النقاش حول الحكمة من بناء من مثل هذه الناقلات ذات الهيكل المزدوج، فمن الناحية النظرية تتمتع الناقلة ذات الهيكل الواحد بفرصة أفضل للبقاء طافية بشكل أفضل ولكنها ستسكب البعض من الحمولة في البحر.

أصبح من الواضح أيضاً على مـــدى العقدين الماضيين أن ناقلات النفط الخام عادة ما تكون أقصر عمراً من معظم ســـفن الشحن الأخرى، إذ يمكن لشحنات النفط الخام أن ترسب الحمأة المسببة للتآكل في قاع الخزان، ويمكن أن يكون لشـــحنات البنزين أيضاً تأثير تآكل في فولاذ الخزانات. نتيجة لذلك فإنه قد تدوم الناقلة لمدة 12 عاماً فحســـب بدلاً من 20 عاماً من عمر ســـفينة الشـــحن، وذلك على الرغم من تطوير الطلاءات الواقية التي تساعد على تحمل الآثار المسببة للتآكل للمنتجات البترولية.

إن النقل هو أحد الجوانب الرئيســـة لاستغلال الرمال النفطيةoil sands (Demaison, 1977)، وهناك أربعة جوانب رئيســـة لإنتاج الوقود السائل من مورد النفط الرملي:

1 - استخلاص الخام.

2 - فصل البيتومين.

3 - تحويل البيتومين إلى نفط خام اصطناعي synthetic crude oil. و

4 - تكرير النفط الخام الاصطناعي وتحويله إلى وقود سائل قابل للاستخدام.

حالياً فإن مصنعـــين تجاريين ينفذان المراحل الثـــلاث الأولى في الموقع، وفي هذا الصدد فإن المصانع مســـتقلة تماماً، ومن ثم يتم شـــحن النفط الخام الاصطناعي عن طريق خط الأنابيب إلى موقع مصفاة أكثر تقليدية (من مثل إدمونتون) لترقية الوقود إلى وقود ســـائل، لكن مـــع ذلك فإن هناك قيود على طبيعة الســـوائل التي يمكن شحنها عن طريق خطوط الأنابيب. يلبي النفط الخام الاصطناعي بشـــكل ملائم المواصفات الخاصة بشحن خطوط الأنابيب، ولكن في حالة إنشـــاء وســـيلة بديلة لترقية البيتومـــين، أي كسر اللزوجة (viscosity breaking) فإنه يتوجب استيفاء مواصفات خطوط الأنابيب.

قد يكون من المرغوب فيه شـــحن البيتومين بالكامل عن طريق خطوط الأنابيب، وفي هذه الحالة يكون التخفيف بالنافثا ضرورياً، وبالإمكان إنتاج

النافثا بالفعل في موقع الاستخلاص من خلال إنشاء عملية تحويل اسمية. لكن مع ذلك فإنه من المتوقع أن التغذية التي تزيد لزوجتها عن 15000 cSt عند 35 درجة مئوية (100 درجة فهرنهايت) سوف تتطلب ما يزيد عن 0.5 برميل نفثا لكل برميل من البيتومين، وفي درجات الحرارة المرتفعة يتم تقليل كمية النافثا المطلوبة، ولكن قد يلزم إزالة الأطراف الخفيفة وحتى الماء لمنع تراكم الضغط غير المبرر في خط الأنابيب إذا تم مراعاة درجات حرارة الشحن التي تبلغ نحو 95 درجة مئوية (200 درجة فهرنهايت).

جانب آخر من جوانب النقل هو شحن البيتومين المفصول عن رمال القار (أو الرمال النفطية الكاملة أو حتى الرمل النفطي الغني بالبيتومين الناتج عن فصل الماء الساخن مرة واحدة وبشكل أقل كفاءة) في الشاحنات أو القطارات، وفي الوقت الحالي تسببت القيود الاقتصادية المتعلقة بكمية المواد التي يجب نقلها لتمكين عملية تحويل أو ترقية اسمية لتعمل بشكل مستمر (على الرغم من مخاطر الطقس والقيود الميكانيكية) وقد تسببت في خفض تصنيف هذه الأنواع من العمليات في الأولوية.

أخيراً فإنه من الممكن أيضاً أن يتم استحلاب البيتومين وشحنه عن طريق خطوط الأنابيب كمستحلب، ولقد حظيت هذه الفكرة الخاصة ببعض الاهتمام وبخاصة فيما يتعلق باستخلاص البيتومين بطرائق الغمر المائي، وتكمن الفكرة في إنتاج البيتومين من التكوين كمستحلب نفطي في الماء في الموقع البعيد متبوعاً بشحن المستحلب إلى موقع استخلاص النفط والتحديث.

تنقل السفن البحرية الغاز الطبيعي أيضاً، ويتم نقل الغاز إما تحت ضغط عند درجات حرارة محيطة (من مثل البروبان والبيوتان) أو عند الضغط الجوي ولكن مع الحمولة تحت التبريد (من مثل غاز البترول المسال)، ولأسباب تتعلق بالسلامة فإنه يتم إنشاء ناقلات البترول بعدة مخازن مستقلة بحيث لا يؤدي تمزق أحد المخازن بالضرورة إلى استنزاف

السفينة بالكامل، إلا إذا كان تمزق شديد من مقدمة السفينة إلى مؤخرتها (أو من مؤخرة السفينة إلى مقدمتها)، وبالمثل فإن ناقلات الغاز تحتوي أيضاً على عدة خزانات منفصلة.

يمثل الغاز الطبيعي مشاكل مختلفة في متطلبات النقل، فقبل الحرب العالمية الثانية كان استخدامه محدوداً بسبب صعوبة نقله لمسافات طويلة، وتم حرق الغاز الموجود في حقول النفط بشكل متكرر، وعادة ما يتم التخلي عن الغاز الجاف غير المصاحب. ولقد سمحت سبائك الصلب الجديدة بعد الحرب باستخدام أنابيب ذات قطر كبير لنقل الغاز في الولايات المتحدة، ولقد أدى اكتشاف حقل جرونينجن Groningen في هولندا في أوائل ستينات القرن الماضي واستغلال الرواسب الضخمة في سيبيريا السوفيتية في السبعينات والثمانينات من القرن نفسه إلى توسع مماثل في خطوط الأنابيب واستخدام الغاز الطبيعي في أوروبا.

يعد الغاز الطبيعي وبسبب كثافته المنخفضة أغلى بكثير من النفط الخام، وينقل معظم الغاز الطبيعي عن طريق خطوط الأنابيب، ولكن في أواخر ستينات القرن الماضي، بدأت الناقلات بشحن الغاز الطبيعي المسال المبرد (LNG) وبخاصة من البلدان المنتجة في المحيط الهادئ إلى اليابان، فالسبائك الخاصة مطلوبة لمنع الخزانات من أن تصبح هشة في درجات الحرارة المنخفضة (161- درجة مئوية ، 258- درجة فهرنهايت) المطلوبة للحفاظ على الغاز بحالته السائلة.

3-6: المنتجات وجودة المنتجات

إن النفط الخام التقليدي هو عبارة عن سوائل خضراء بنية إلى سوداء ذات ثقل نوعي في نطاق من نحو 0.810 إلى 0.985، وهذه السوائل لها نطاق غليان من نحو 20 درجة مئوية (68 درجة فهرنهايت) إلى أكثر من 350 درجة مئوية (660 درجة فهرنهايت)، وأنه فوق ذلك يحدث التحلل النشط عند محاولة التقطير. تحتوي النفوط على من 0% إلى 35% أو أكثر من البنزين، بالإضافة إلى

نســب متفاوتة من هيدروكربونات الكيروسين ومكونات عالية الغليان حتى المركبات اللزجة وغير المتطايرة الموجودة في زيوت التشحيم والإسفلت. يختلف تكويــن النفط الخام الذي يتم الحصول عليه مــن البئر ولا يعتمد فقط على التكويــن الأصلي للنفط في الموقع ولكن أيضــاً على طريقة الإنتاج والمرحلة التي بلغها عمر البئر أو المكمن.

بالنســبة للتكوين الذي تم افتتاحه حديثاً وفي ظل الظروف المثالية فإنه قد تكون نســب الغاز جُد مرتفعة، بحيث يكون النفط في الواقع عبارة عن محلول سائل في الغاز يترك صخر المكمن بكفاءة عالية بحيث لا تظهر العينة الأساســية أي محتوى نفط واضح، ومن المؤشرات التقريبية العامة لهذه الحالة هو ارتفاع نسبة الغاز إلى النفط المنتج. قد تكون هذه النسبة صفراً للحقول التي تبدد فيها ضغط الصخور، ويجب ضخ النفط إلى ما يصل إلى 50,000 قدم مكعب أو أكثر من الغاز لكل برميل من النفط في ما يسمى بمكامن المكثفات، إذ يوجد نفط خام جد خفيف (كثافة نوعية <0.80) كبخار عند ضغط مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة.

ومن ثم فإنه نادراً ما تكون السوائل المنتجة من البئر عبارة عن نفط خام نقي: في الواقع فإنه بالإمكان إنتاج مجموعة متنوعة من المواد بواسطة آبار النفط بالإضافة إلى الهيدروكربونات الســائلة والغازية، وقــد يحتوي الغاز الطبيعي نفسه على شكل شوائب على مادة أو أكثر من المواد غير الهيدروكربونية. إن أكثر هذه الشوائب وفرة هو كبريتيد الهيدروجين الذي يضفي رائحة ملحوظة للغاز، وتعتبر كمية صغيرة من هذا المركب مفيدة لأنها تعطي مؤشراً على التسريبات ومكان حدوثها، لكن مع ذلك فإن الكمية الأكبر تجعل الغاز بغيضاً ويصعب تســويقه، ويشــار إلى هذا الغاز على أنه غاز حامض ويستخدم الكثير منه في تصنيع أسود الكربون.

إن عدداً قليل من الغازات الطبيعيــة يحتوي على الهيليوم، وهذا العنصر يوجد في الواقع بكميات تجاريــة في حقول غاز معينة، كما يوجد النيتروجين

وثاني أوكسيد الكربون أيضاً في البعض من الغازات الطبيعية، وعادةً ما يتم فصل الغاز عند أعلى ضغط ممكن، مما يقلل من تكاليف الضغط عند استخدام الغاز لرفع الغاز أو تسليمه إلى خط الأنابيب، وتتم إزالة الهيدروكربونات الأخف وكبريتيد الهيدروجين عند الضرورة للحصول على نفط خام بضغط بخار مناسب للنقل مع الاحتفاظ بمعظم مكونات البنزين الطبيعي.

إلى حد بعيد فإن أكثر المواد الخارجية وفرة هي الماء، وأن العديد من الآبار وبخاصة خلال سنواتها المتدهورة تنتج كميات هائلة من المياه المالحة، والتخلص منها يعد مشكلة خطيرة ومكلفة، فضلاً عن ذلك قد يكون المحلول الملحي مادة آكلة، مما يستلزم الاستبدال المتكرر للغلاف والأنابيب والصمامات، أو قد يكون مشبعاً بحيث تميل الأملاح إلى الترسب عند الوصول إلى السطح. في كلتا الحالتين يعد الماء المنتج بالنفط مصدر مشاكل مستمرة. أخيراً إذا كانت صخرة المكمن عبارة عن رمال غير متماسكة أو حجر رملي ضعيف التماسك فإنه يتم إنتاج كميات كبيرة من الرمل مع النفط والغاز، وفي طريقها إلى السطح فإنه من المعروف أن الرمال تشق طريقها بالكامل عبر الأنابيب والتجهيزات.

يجب أن نتذكر أيضاً أنه في أي مجال يتبع فيه الإنتاج الأولي بطريقة إنتاج ثانوية أو معززة، فإنه ستكون هناك اختلافات بالإمكان ملاحظتها في الخصائص بين السوائل المُنتجة (Thomas et al,1983) ، وقد لا تعكس الاختلافات في تكوين العناصر هذه الاختلافات إلى حد كبير(Zou et al,1989) ، ولكن الاختلافات الأكثر أهمية ستكون واضحة من فحص الخصائص الفيزيائية. تتمثل إحدى المشاكل التي تنشأ من بيانات الخصائص الفيزيائية في أن هذه النفوط قد تكون خارج نطاق القبول لتقنيات التكرير بخلاف الخيارات الحرارية، وبالإضافة إلى ذلك سوف يزداد التحميل الزائد لوحدات المعالجة الحرارية مع زيادة نسبة النفط الثقيل في المواد الأولية للمصفاة، وهناك حاجة للمزيد والمزيد من المصافي لقبول نسب أكبر من النفط الخام الثقيل كمادة وسيطة للتكرير ولديها القدرة على معالجة هذه المواد.

إن تقنيــات من مثل الفيضانــات القلوية وفيضان المســتحلب الدقيق (micellar/ emulsion)، وفيضــان المياه المعزز بالبوليمر، وغمر ثاني أوكســيد الكربــون غير القابل للامتزاج / غير القابل للامتزاج لا تتطلب أو تســبب أي تغيير في النفط. قد تتسبب تقنيات التبخير في بعض التقطير بالبخار الذي يمكن أن يزيد العملية عندما تتحرك المادة المقطرة بالبخار مع مقدمة البخار وتعمل كمذيب للنفط قبل واجهة البخار (Pratts, 1986). مرة أخرى، لا يوجد أي تغيــير في النفط وذلك على الرغم من أنه قد تكون هناك تغييرات تركيبية مؤاتية للنفط بقدر ما يتم استخلاص الأجزاء الأخف وزناً وبقاء المواد الأثقل في المكمن (Richardson et al,1992).

تتضمــن التكنولوجيا التي تحدث فيها التغييرات احتراق النفط في الموقع، ويتطلــب مفهوم أي تقنية احــتراق أن يتم حرق النفــط جزئياً وأن يحدث التحلــل الحراري لأجزاء أخــرى من النفط، وهــذا كافٍ لإحداث تغييرات كيميائية وفيزيائية لا رجعة فيها للنفط لدرجة أن المنتج يختلف بشكل ملحوظ عن النفط الموجود في مكانه، ويُعد التعرف على هذه الظاهرة أمراً ضرورياً قبل تطبيق تقنيات الاحتراق لاستخراج النفط.

على الرغم من أن هذا التحســين في الخصائص قــد لا يبدو جذرياً للغاية، إلا أنه عادةً ما يكون كافياً للحصول على مزايا كبيرة لمشــغلي المصفاة، وأن أي زيادة تدريجيــة في وحدات نســبة الهيدروجين/الكربون يمكــن أن توفر كميات من الهيدروجين المكلف في أثناء الترقية. إن نفس المبادئ هي فعالة أيضاً في التخفيضات في محتويات النيتروجين والكبريت والأوكسجين، ويؤدي حدوث هذا الأخير أيضاً إلى تحسين عمر المحفز ونشاطه بالإضافة إلى تقليل محتوى المعادن.

باختصار قد يكون هناك فائدة إضافية لعمليات الاستخلاص في الموقع على الرغم من أنها أقل كفاءة من حيث استخلاص البيتومين بالنسبة لعمليات التعدين، وهي تتمثل في ترك البعض من المكونات البغيضة من هدف المعالجة في الأرض.

3-7: References

- Borchardt, J.K., and Yen, T.F. 1989. CHI Field Chemistry. Symposium Series No. 396. American Chemical Society, Washington, DC.

- Butler, R.M., and Mokrys, I.J. 1991. Journal of Canadian Petroleum Technology. 30(1): 97-106.

- Butler, R.M., and Jiang, Q. 2000. Journal of Canadian Petroleum Technology.39: 48-56.

- Craft, B.C., and Hawkins, M.F. 1959. Applied Petroleum Reservoir Engineering. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Demaison, G.J. 1977. The Oil Sands of Canada-Venezuela. D.A. Redford and A.G. Winestock (Editors.). Special Volume No. 17. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, p. 9.

- Forbes, R.I. 1958. A History of Technology. Oxford University Press, Oxford, England.

- Frick, T.C. 1962. Petroleum Production Handbook. Volume II. McGraw-Hill, New York.

- Kaufmann, R.K., and Cleveland, C.J. 2001. Oil Production in the Lower
48 States; Economic, Geological, and Institutional Determinants. The
Energy Journal. 22: 27-49.

- Mokhatab, S., Poe, W.A., and Speight, J.G. 2006. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

- Pratts, M. 1986. Thermal Recovery. Society of Petroleum Engineers, New York. Volume 7.

- Ranney, M.W. 1979. Crude Oil Drilling Fluids. Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey.

- Richardson, W.C., Fontaine, M.F., and Haynes, S. 1992. Paper No. SPE 24033. Western Regional Meeting. Bakersfield, California. March 30-Aprill.

- Speight, J.G. 2000. The Desulfurization of Heavy Oils and Residua. 2nd Edition. Marcel Dekker Inc., New York.

- Speight, J.G. 2008. Handbook of Synthetic Fuels. McGraw-Hill, New York.

- Speight, J.G. 2009. Enhanced Recovery Methods for Heavy Oil and Tar Sands, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

- Thomas, K.P., Barbour, R.V., Branthaver, J.F., and Dorrence, S.M. 1983. Fuel 62: 438.

- United States Patent 5,407,009.1995. Butler, R.M., and Mokrys, I.J. Process and apparatus for the recovery of hydrocarbons from a hydrocarbon deposit. April 18.

- United States Patent 5,607,016.1995. Butler, R.M., and Mokrys, I.J. Process and apparatus for the recovery of hydrocarbons from a hydrocarbon deposit. March 4.

- Zou, J., Gray, M.R., and Thiel, J. 1989. AOSTRA J. Res. 5: 75.

الفَصْلُ الرَّابعُ

تصنيف النفط الخام والمعايير

أثارت التقلبات في أسـعار النفط الجدل حول مستوى احتياطيات النفط العالميـة، وقد اتخذت القـدرة على تلبية الطلب المسـتقبلي على الطاقة دفعة جديدة، وقـد أدى ذلك إلى إعادة التحقيق في طرائـق تصنيف النفط الخام وتصنيف الاحتياطيات.

إن البترول هو مزيج طبيعي من الهيدروكربونات ويكون في حالة سائلة التي وقد يشـتمل أيضاً على مركبات من معـادن نيتروجين الكبريت وعناصر أخرى (ASTM D4175) ، وهذه المركبات تظهر في رواسب الصخور الرسوبية في جميع أنحاء العالم (Speight, 2007)، لكن مع ذلك فقد كان تعريف المواد المرتبطة بالبـترول متنوعاً وغير منهجي ومتنوع وغالباً مـا يكون قديماً ولم يتم إجراء البعض مـن المحاولات إلا مؤخراً لتعريف هذه المواد بطريقة ذات مغزى (الفصل 1)، ومن ثم فإنه فليس من المستغرب أن تتطور أيضاً محاولات تصنيف البـترول، وأن الغرض من هذا الفصل هو مراجعة هذه الأسـاليب وتقديمها لمزيد من الدراسة من حيث ستراتيجيات التسعير.

إن النفـط الخام هو المُدخل الأسـاس في صناعة تكرير البترول، لذلك فإن المعلومات الأساسية حول إنتاج النفط الخام وتوزيعه ستوافر سياقاً مفيداً لأعمال المصـب، لكن مع ذلك وبغض النظر عن مصـدر النفط الخام فإنه يتم تحديد السعر في السـوق العالمية ويتم تسعير كل من النفط الخام المستورد والمحلي وفقاً لميزان العرض والطلب وديناميكيات التسـعير في سـوق النفط العالميـة، وفي هذا الصدد فإنه ليس للعديد من المصافي تأثير كبير في السـعر الذي تدفعه مقابل حصولها على النفط الخام.

يعتمد الاقتصاد الكلي أو جدوى المصفاة على تفاعل ثلاثة عناصر رئيسة هي: (1) اختيار النفط الخام المسـتخدم (الألـواح الخام)، (2) تعقيد معدات

التكرير (تكوين المصفاة) والنوع المطلوب، (3) جودة المنتجات المنتجة (قائمة المنتج)، وأن معدلات استخدام المصفاة والاعتبارات البيئية تؤثر أيضاً في اقتصاديات المصفاة. يتطلب استخدام النفط الخام الأكثر تكلفة والأخف والأكثر حلاوة تطويراً أقل لمصفاة التكرير، لكن إمدادات النفط الخام الخفيف والحلو آخذة في التناقص والتفاوت بين النفط الخام الثقيل والأكثر تعكراً. إن استخدام النفط الخام الأرخص والأثقل يعني المزيد من الاستثمار في عمليات التطوير، ويجب الموازنة بين التكاليف وفترات الاستخلاص لوحدات معالجة المصفاة مقابل تكاليف النفط الخام المتوقعة والفرق المتوقع بين أسعار النفط الخام الخفيف والثقيل.

يجب أن تأخذ قوائم الخام وتكوينات المصافي في الاعتبار نوع المنتجات التي ستكون مطلوبة في النهاية في السوق، كما تزداد أهمية مواصفات الجودة للمنتجات النهائية إذ أصبحت المتطلبات البيئية أكثر صرامة من ذي قبل.

هناك جانب آخر لتقنية تسعير النفط الخام وغالباً ما يتم تجاهله ، وبخاصة عند التعامل مع تسعير النفط الخام، ألا وهو نظرية ذروة هوبرت Hubbert.

تفترض نظرية ذروة هوبرت المعروفة أيضاً بإسم ذروة النفط أن إنتاج النفط في المستقبل سواء أكان لآبار النفط الفردية أم لحقول النفط بأكملها أم لبلدان بأكملها أم للإنتاج العالمي، سوف يصل في النهاية إلى الذروة ثم ينخفض بمعدل مماثل لمعدل الزيادة السابقة، وأن الذروة هي حيث تم استنفاد هذه الاحتياطيات. تقترح هذه النظرية أيضاً طريقة لحساب توقيت هذه الذروة وذلك بناءً على معدلات الإنتاج السابقة، والذروة الملحوظة لمعدلات الاكتشاف السابقة واحتياطيات النفط المؤكدة.

نشأت النظرية في عام 1956 عندما تنبأ إم كينج هوبرت بشكل صحيح أن إنتاج النفط الأمريكي سيبلغ ذروته في عام 1971، وعندما حدث هذا وبدأت الولايات المتحدة تفقد طاقتها الإنتاجية الزائدة فقد اكتسبت أوبك القدرة على التلاعب بأسعار النفط، مما أدى إلى أزمتي النفط في عامي 1973 و 1979.

لكن مع ذلك فإن الجدل يحيط بالتنبؤات الخاصة بتوقيت الذروة العالمية، إذ تعتمد هذه التوقعات على بيانات الإنتاج والاكتشاف السابقة المستخدمة في الحساب وكذلك كيفية مراعاة الاحتياطيات غير التقليدية. لقد تم اكتشاف الحقول العملاقة في العقدين الماضيين(1990–2010) من مثل Azadegan و arioca / Sugar Loaf و Tupi و Jupiter و Zagheh / Mounds / Ferdows و Tahe و Jidong Nanpu / Bohai Bay و West Kamchatka و Kashagan ، بالإضافة إلى نمو هائل في المكمن من أماكن من مثل Bakken وعمليات syncrude الضخمة في فنزويلا وكندا. بينما تغير الفهم السابق لإجمالي احتياطيات النفط مع الفهم العلمي الأحدث لجيولوجيا البترول، ولقد كانت التقديرات الحالية لإجمالي احتياطيات النفط في اتفاق عام منذ عقد الستينات، فضلاً عن ذلك فإن التنبؤات المتعلقة بتوقيت الذروة تعتمد بشكل كبير على بيانات الإنتاج والاكتشاف السابقة المستخدمة في الحساب.

من الصعب التنبؤ بذروة النفط في أي منطقة معينة وذلك بسبب الافتقار إلى الشفافية في محاسبة احتياطيات النفط العالمية، واستناداً إلى بيانات الإنتاج المتاحة فقد توقع المؤيدون سابقاً أن تكون الذروة للعالم في أعوام 1989، 1995، أو 1995–2000. يعود تاريخ البعض من هذه التنبؤات إلى ما قبل الركود في أوائل ثمانينيات القرن الماضي وما ترتب على ذلك من انخفاض في الاستهلاك العالمي، مما أدى إلى تأخير موعد أي ذروة لعدة سنوات، ومثلما لم يتم التعرف بوضوح على ذروة إنتاج النفط في الولايات المتحدة في عام 1971 إلا بعد الحقيقة، فسيكون من الصعب تمييز ذروة الإنتاج العالمي حتى ينخفض الإنتاج بشكل واضح.

ومن الواضح أن من مثل هذه المخاوف سواء أكانت حقيقية أم نظرية حقاً، فإنه لا يمكن إلا أن يكون لها البعض من التأثير في سعر النفط .

ومن ثم فإن تصنيف النفط الخام واحتياطيات النفط الخام هو مؤشر مهم لقيمة شركة النفط والعائد الصافي لبرميل النفط (أي الارتباط بين سعر نفط والمنتجات المشتقة منه) يحدد في النهاية القيمة الجوهرية للشركة، ونظراً

لأن احتياطياتها ومواردها تدفع إلى حد كبير قيمة الشركة، فهي أحد المحركات الرئيسة للقيمة السوقية للشركات المدرجة في السوق.

1-4 تصنيف النفط الخام

لا يتم تقييم كل النفط الخام بالتساوي لأنه يختلف بشكل ملحوظ في المظهر والخصائص، وبخاصة في سهولة الاستخلاص من المكمن وإنتاج المنتجات القابلة للبيع في المصفاة، واعتماداً على تركيبته فإنه عادة ما يكون أسود أو بني غامق على الرغم من أنه قد يكون مُصفراً أو حتى مُخضراً، وفي الواقع فقد نشأت الحاجة إلى تصنيف النفط الخام لأن جودة النفط الخام تملي مستوى المعالجة والتحويل الضروري لتحقيق ما يراه القائمين على المصفاة بأنه مزيجاً مثالياً من المنتجات.

تنتج الأنواع المختلفة من النفط الخام مزيجاً مختلفاً من المنتجات وذلك اعتماداً على الصفات الطبيعية للنفط الخام، وفي العادة فإن كثافتها التي تقاس بكثافة معهد البترول الأمريكي API ومحتواها من الكبريت تميز بين أنواع النفط الخام، ويُعد النفط الخام ذو الكثافة API المنخفضة من النفط الخام الثقيل وهو عادة ما يحتوي على نسبة عالية من الكبريت وعائد أكبر من المنتجات منخفضة القيمة. لذلك فإنه كلما انخفضت واجهة برمجة التطبيقات API للنفط الخام، كلما انخفضت القيمة التي تتمتع بها شركة التكرير وذلك لأنها إما تتطلب مزيداً من المعالجة أو تنتج نسبة أعلى من المنتجات منخفضة القيمة من مثل زيت الوقود الثقيل، الذي يمكن بيعه غالباً بسعر أقل من النفط الخام.

يتطلب استخدام النفط الخام الأكثر تكلفة والأخف وزناً والأكثر حلاوة تطويراً أقل للمصفاة، لكن مع ذلك فقد تتناقص إمدادات النفط الخام الخفيف والحلو ويتزايد الفرق بين الخام الثقيل والأكثر تعكراً، وأن استخدام النفط الخام الثقيل الأرخص ثمناً يعني المزيد من الاستثمار في عمليات التطوير. يجب الموازنة بين التكاليف وفترات الاستخلاص لوحدات معالجة المصفاة مقابل تكاليف النفط الخام المتوقعة والفرق المتوقع بين أسعار النفط

الخام الخفيف والثقيل، فضلاً عن ذلك فإنه يتم تحديد الفرق في القيمة بين النفط الخفيف والثقيل بشكل أساس في السوق لكل نوع، ويؤدي اتساع الفرق بعامة إلى ضعف الربحية لمنتجي النفط الثقيل.

يجب أن تأخذ قوائم الخام وتكوينات المصافي في الاعتبار نوع المنتجات التي ستكون مطلوبة في السوق في نهاية الأمر، كما تزداد أهمية مواصفات الجودة للمنتجات النهائية إذ أصبحت المتطلبات البيئية أكثر تشدداً.

نشأت طرائق التصنيف الأصلية بسبب الاهتمام التجاري والتعرف على الأنواع المختلفة من النفط الخام، وكانت وسيلة لتزويد مشغلي المصفاة بدليل تقريبي لظروف المعالجة، لذلك فإنه ليس من المستغرب أن الأنظمة القائمة على الفحص السطحي لخاصية فيزيائية من مثل الكثافة النوعية أو كثافة API (Baume) يمكن تطبيقها بسهولة، وأنها تستخدم بالفعل إلى حد كبير في التعبير عن جودة النفوط الخام. إن مثل هذا النظام يشير تقريباً إلى الطابع العام للنفط الخام طالما كانت المواد بافتراض أنها من نوع عام واحد، وعلى سبيل المثال فإنه من بين النفوط الخام من منطقة معينة ، يكون النفط 40) ° API الوزن النوعي = 0.825) عادةً ما يكون أكثر قيمة من النفط 20) ° API الوزن النوعي = 0.934) لأنه يحتوي على المزيد من المشتقات الخفيفة (على سبيل المثال - البنزين) وعدد أقل من مكونات الإسفلت الثقيلة غير المرغوب فيها.

إن النفط الخام هو خليط من الهيدروكربونات وهو غالباً ما يتواجد مع الغاز الطبيعي، وأن الخصائص الرئيسة التي يتم من خلالها تعريف النفط الخام هي: (1) الكثافة التي عادةً ما تقاس في صناعة النفط بالكثافة API، و (2) المحتوى الكبريتي، وهكذا فإن النفط الخام يوصف عادة بأنه نفط حلو (منخفض الكبريت) أو نفط حامضي (عالي الكبريت) وخفيف أو ثقيل وذلك بحسب كثافته. يمكن أيضاً وصف النفوط الأثقل بأنها نفط ثقيل متوسط medium heavy oil ونفط ثقيل إضافي extra heavy oil على الرغم من أن هذا التعريف سيكون مفتوحاً لاحقاً للتساؤل. على الرغم من أنه يمكن تحديد تصنيف النفط الخام من خلال الكثافة API والمحتوى الكبريتي، إلا أن هذه

هي ليست القصة الكاملة فهناك طرائق أخرى للتصنيف، إذ يتم تضمين طرائق التصنيف التي لديها القدرة على التأثير في السعر هنا فحسب، وتتوافر طرائق أخرى (Speight, 2007) ولكنها أكثر تحديداً للجانب العلمي للنفط الخام بدلاً من التسعير ولا يتم تضمينها هنا.

4-1-1: التصنيف كمورد هيدروكربوني

يشار إلى البترول بعامة كمورد للطاقة الأحفورية ويتم تصنيفه أيضاً على أنه مورد هيدروكربوني، ولأغراض التوضيح أو المقارنة في هذا النص فقد تم أيضاً تضمين الفحم والسجيل النفطي oil shale في هذا التصنيف، لكن مع ذلك فإن إدراج الفحم والسجيل النفطي ضمن التصنيف الواسع لموارد الهيدروكربون قد تطلب وبشكل غير صحيح توسيع مصطلح الهيدروكربون ليشمل الأنواع الجزيئية غير الهيدروكربونية التي تشكل الفحم وكيروجين السجيل النفطي، وسيكون استخدام مصطلح الرواسب العضوية أكثر دقة (الشكل 4-1). إن إدراج كيروسين الفحم والسجيل في فئة الموارد الهيدروكربونية يرجع إلى حقيقة أن هذين المصدرين الطبيعيين سينتجان الهيدروكربونات في معالجة درجات الحرارة العالية، لذلك فإنه إذا تم تضمين الفحم الحجري وكيروجين السجيل النفطي في مصطلح موارد الهيدروكربونات، فإنه من الأنسب تصنيفها على أنها موارد منتجة للهيدروكربون تحت التصنيف العام للرواسب العضوية (الشكل 4-2).

4-1-2: التصنيف حسب التركيب الكيميائي

تُشير التركيبة إلى خليط معين من المركبات الكيميائية، وأن تركيبة البترول التي يتم الحصول عليها من البئر متغيرة ولا تعتمد على التركيب الأصلي للنفط في الموقع فحسب ولكن تعتمد أيضاً على طريقة الإنتاج والمرحلة التي تم بلوغها في عمر البئر أو المكمن. وفي الواقع يتراوح البترول (النفط الخام التقليدي) من سائل أخضر بني إلى أسود له كثافة معينة (عند 60 درجة فهرنهايت> 15.6 درجة مئوية) تتراوح من نحو 0.75 إلى 1.00 (57 إلى 10 درجة API)، مع الوزن النوعي من معظم النفط الخام الذي يقع في النطاق 0.80 إلى 0.95 (45

إلى 17 درجة API)، ويتراوح نطاق غليان البترول من نحو 20 درجة مئوية (68 درجة فهرنهايت) إلى ما يزيد عن 350 درجة مئوية (660 درجة فهرنهايت)، إذ يحدث التحلل النشط عند محاولة التقطير الذي يشكل البترول.

فضـــلاً عن ذلك فإن البترول يختلـــف في تكوينه من حقل نفطي إلى حقل آخر، ومن بئر إلى بئر أخرى في الحقل نفســـه، وحتى من مستوى إلى آخر في البئر نفســـها، ويمكن أن يكون هذا الاختلاف في كل من الوزن الجزيئي وأنواع الجزيئات الموجودة في البترول.

4-1-3: الكثافة API

تمت الدعوة لاســـتخدام قيم الكثافة للتطبيق الكمي باســـتخدام مخطط يعتمد على كثافة معهد البترول الأمريكي API، الذي يوافر نطاقاً أوســـع من القيم التي يمكن من خلالها تصنيف النفط الخام وتسـعيره، وكما هو موضح سابقاً فإن كثافة النفط الخام تختلف قليلاً من الخام التقليدي إلى الخام الثقيل.

عادةً ما يكون النفط الخام الخفيف عبارة عن نفط له كثافة أعلى من 30 أو 35 درجة بحسب معهد البترول الامريكي API، ويقع النفط الخام المتوسط في نطاق كثافة API أقل من هـــذه الأرقام، ويُعد النفط الثقيل من تلك المواد مـــن النوع البترولي الذي كانت كثافته أقل إلى حد ما من 20 درجة API ، ومع وقـــوع النفوط الثقيلة في نطاق الكثافة API من 10 إلى 15 درجة (على ســـبيل المثال النفط الخام لـ كولد ليك = 12 درجة API) ووقع البيتومين في نطاق API من 5 إلى 10 درجات (على ســـبيل المثال ، بيتومين أثاباسكا Athabasca يساوي 8 درجة بحســـب API). لكن مع ذلك فـــإن تخصيص أرقام محددة لتصنيف البترول هو أمر محفوف بالصعوبة، ولا يؤدي اســـتخدام نقاط الترسيم هذه إلى الالتفاف على الســـؤال الذي يجب أن ينشأ عندما ينظر المرء إلى مادة لها كثافة API تساوي 9.9 ومادة واحدة لها كثافة API تساوي 10.1 ، كما أن نقطة الترسيم لا تسمح بحدود دقة الطريقة التحليلية، وأن استخدام معلمة فيزيائية واحدة ، سواء أكانت كثافة API أم أي خاصية فيزيائية أخرى لهذه المسألة هو أمر غير كافٍ لمهمة تصنيف البترول التقليدي، والنفط الثقيل ، وبيتومين رمال القار.

4-1-4: اللزوجة

في الوقت نفسه وبالتنسيق مع استخدام الكثافة API فقد تم رسم خط الترسيم بين النفط والنفط الثقيل مقابل بيتومين رمال القار عند 10000 سنتيبوسيس، وباختصار فإن المواد التي لها لزوجة أقل من 10000 سنتيبوسيس هي بترول ونفط ثقيل تقليدي، في حين أن بيتومين رمال القار له لزوجة أكبر من 10000 سنتيبوسيس. يتطلب استخدام من مثل هذا المقياس خطاً دقيقاً من الترسيم بين مختلف أنواع النفوط الخام والنفوط الثقيلة والبيتومين (القار) لدرجة أنه قد يكون من المربك التمييز بين مادة لها لزوجة تبلغ 9950 سنتيبوسيس وأخرى لها لزوجة تبلغ 10050 سنتيبوسيس فضلاً عن ذلك، فإن عدم الدقة (أي حدود الخطأ التجريبي) لطريقة قياس اللزوجة تزيد أيضاً من احتمال سوء التصنيف.

إن استخدام اللزوجة لا يؤدي أيضاً إلى التحايل على استخدام خاصية مادية واحدة والفرق بين مادة لها لزوجة تساوي 49900 و 50100 سنتيبوسيس (أو 99900 و100100 سنتيبوسيس).

4-1-5: عامل توصيف UOP

ربما يكون هذا العامل هو أحد عوامل التوصيف أو التصنيف المشتقة الأكثر استخداماً ويتم تحديده بواسطة الصيغة:

$$K = \sqrt[3]{T_B}/d$$

إن T_B هو متوسط نقطة الغليان بالدرجات رانكين Rankine (درجة فهرنهايت +460) وأن d هو الكثافة النوعية 60 درجة / 60 درجة فهرنهايت، وقد ثبت أن هذا العامل مضاف على أساس الوزن، وقد تم تصميمه في الأصل لإظهار خصائص التكسير الحراري للنفوط الثقيلة، ومن ثم فإن النفوط عالية البارافين تحتوي على K في النطاق 12.5 إلى 13.0 والنفوط الحلقية (naphthene) تحتوي على K في النطاق 10.5 إلى 12.5.

4-1-6: نقطة الصب

إن نقطة صب البترول أو المنتج البترولي هي أدنى درجة حرارة يتحرك فيها النفط أو يصب أو يتدفق عندما يتم تبريده دون إزعاج في ظل ظروف محددة (ASTM D97)، وفي الواقع فإن نقطة صب النفط عند استخدامها بالاقتران مع درجة حرارة المكمن فإنها تعطي مؤشراً أفضل لحال النفط في المكمن من اللزوجة، ومن ثم فإن نقطة الانسكاب ودرجة حرارة المكمن تقدم تقييماً أكثر دقة لحال النفط في المكمن كونها مؤشراً على تنقل النفط في المكمن. عند استخدامها بالاقتران مع درجة حرارة المكمن فإن نقطة الصب تعطي مؤشراً على سيولة النفط الثقيل أو البيتومين، ومن ثم قدرة النفط الثقيل أو القار على التدفق تحت ظروف المكمن، وباختصار تعد نقطة الانسكاب اعتباراً مهماً لأنها ومن أجل الإنتاج الفعال فإنه يجب توفير طاقة إضافية للمكمن من خلال عملية حرارية لزيادة درجة حرارة المكمن إلى ما بعد نقطة الصب.

تضيف طريقة التصنيف التي تستخدم نقطة صب النفط ودرجة حرارة المكمن مؤهلاً محدداً لمصطلح شديد اللزوجة كما يحدث في تعريف رمال القار، وفي الواقع فإنه عند استخدامها بالاقتران مع طريقة الاستخلاص فإن نقطة الصب توافر قابلية تطبيق أكثر عمومية لظروف النفط في المكمن أو البيتومين في الرواسب، وأن المقارنة بين درجتي الحرارة تظهر وتستدعي مزيداً من الدراسة الواعدة في هذا الميدان.

4-1-7: طريقة الاستخلاص

تستند جميع أنظمة التصنيف الموضحة أعلاه إلى افتراض أن البترول يمكن أن يتميز بشكل أو بآخر بخصائص جزء واحد أو بضعة أجزاء، لكن مع ذلك فإن خصائص أجزاء معينة من النفط الخام لا تنعكس دائماً في خصائص الأجزاء الأخرى من النفط نفسه، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يجب تطبيق أي طريقة تصنيف يتم فيها استقراء خصائص جزء معين من النفط الخام بأكمله بحذر، إذ يمكن أن تظهر أخطاء خطيرة.

لتصنيف البـــترول والنفط الثقيل وبيتومين رمال القار، فإن اســـتخدام معامل واحد من مثل اللزوجة لا يكفي (Speight, 2007)، إذ يجب الاعتراف بالخصائص الأخرى من مثل كثافة API، وتحليل العناصر والتكوين الصخري وخصائص السائل في المكمن وطريقة الاستخلاص.

عـــرّف كونغرس الولايات المتحدة رمال القـــار على أنها «أنواع الصخور العديدة التي تحتوي على هيدروكربون شـــديد اللزوجة لا يمكن استخلاصه في حالته الطبيعية من خلال طرائق إنتـــاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاستخلاص المُعززة المستخدمة حالياً» (US Congress, 1976). من خلال الاستدلالات فإنه بالإمكان استخلاص النفط التقليدي والنفط الثقيل من خلال تقنيات الاستخلاص المُعززة المستخدمة حالياً، فضلاً عن ذلك فإنه بالإمكان يمكن استخلاص البترول التقليدي بالطرائق الأولية والثانوية.

لكن مع ذلك فإن طرائق تســـعير النفط الخام تتطلب شيئاً أكثر من هذه الخصائـــص العامة وطرائق التصنيف، وذلك على الرغم من أن بعض المعلمات من مثل كثافة الخام API والمحتوى الكبريتي لا تزال مســـتخدمة، وهنا تدخل الحاجة إلى النفوط الخام المعيارية إلى الساحة.

2-4: تصنيف الاحتياطيات

إن تصنيف الاحتياطيات ومن ثم تقديرات احتياطي النفط الخام هي أمور جد صعبـــة من أجل التطوير، فهناك إصدارات مختلفة من احتياطيات النفط الخام وأن أكثرها اســـتخداماً هي النشرة الاحصائية الدوريـــةBP Statistical Review of World Energy الصـــادرة عن شركة BP البريطانية (BP, 2008)، لكن مع ذلـــك فإن حتى أفضل الخطط والأرقـــام الموضوعة تخضع للنقاش. نتيجة لذلك فإنه تتم مناقشة تصنيف الاحتياطيات هنا حتى يتمكن القارئ من مقارنة الأنظمة المعترف بها لتصنيف الاحتياطي، ويتساءل لماذا لا تشترك جميع البلدان المنتجـــة للنفط في أنظمة مماثلة أو تطـــور أنظمتها الخاصة، وفي الواقع فقد أصبحت تقديرات احتياطيات البلدان المنتجة للنفط موضع تساؤل (Campbell and Laherrère,1998، Aluko، 2004).

يُعـــد الإبلاغ عن البيانات المتعلقة بإنتـــاج النفط أو احتياطيات النفط عمـــلاً تقنياً أو سياســـياً، وأن جمعية مهندسي البـــترول الأمريكية تصنف احتياطيات النفط الخام لتلبية الاحتياجات الفنية، بينما تصنف لجنة الأوراق المالية SEC الاحتياطيات لإرضاء المصرفيين والمســـاهمين وتطلب من شركات النفـــط المدرجة في ســـوق الأوراق المالية الأمريكية الإبلاغ فحســـب عن الاحتياطيات المؤكدة، وحـــذف الاحتياطيات المحتملة التي يتم الإبلاغ عنها في بقية أنحاء العالم.

تم تطبيق تعريفات مختلفة لاحتياطيـــات الطاقة، لكن جوهر الأمر هو مقدار المورد الذي يمكن اســـتخلاصه باســـتخدام التكنولوجيا الحالية، وفي الواقع فإنه غالباً ما يســـاء فهـــم التعريفات المســـتخدمة لوصف احتياطيات النفط لأنه لم يتم تعريفها بشكل كافٍ في وقت الاستخدام. لذلك فإنه كوسيلة للتخفيف من هذه المشـــكلة، فمن المناســـب النظر في التعريفات المستخدمة لوصف كمية النفط المتبقية في المكامن الجوفية.

إن البـــترول هو مورد وعلى وجه الخصوص فـــإن البترول هو مصدر الوقود الأحفوري، وأن المورد هو السلعة الكاملة الموجودة في الرواسب والطبقات، بينما تمثل الاحتياطيات ذلك الجزء من السلعة الذي يمكن استخلاصه اقتصادياً.

إن الاحتياطيات هي كميات النفط التي يُدعى أنها قابلة للاســـتخلاص تجارياً عن طريق تطبيق مشاريع التطوير على تراكمات معروفة في ظل ظروف محددة، ويجب أن تستوفي الاحتياطيات أربعة معايير هي:

1 - يجب اكتشافها من خلال بئر استكشافية واحدة أو أكثر.

2 - يجب أن تكون قابلة للاستخلاص باستخدام التكنولوجيا الحالية.

3 - يجب أن تكون مجدية تجارياً.

4 - يجب أن تبقى في الأرض.

كما ذكرنا ســـابقاً (الفصل 2) فإن أحد المتطلبات الأساســـية لدراسات المكمن هو تقديم شـــهادات لاحتياطيات وموارد النفط والغاز، وهو ما يُعرف

بإسم **تقييم المكمن**، إن احتياطيات النفط الخام هي الكميات المقدرة من النفط الخام التي يُزعم أنها قابلة للاستخلاص في ظل الظروف الاقتصادية والتشغيلية الحالية.

تُعد التحليلات الجيولوجية والجيوكيميائية للهيدروكربونات والمواد العضوية في صخور المصدر حاسمة في استكشاف الهيدروكربونات وفي فحص مدى مكامن الهيدروكربونات واستمراريتها، وبالإمكان ربط الهيدروكربونات بصخور المصدر للتحقق من نتائج نمذجة الحوض.

عادةً ما يتم تقسيم تقدير احتياطيات النفط الخام (الفصل 1) إلى مكونين: (1) إجمالي الاحتياطيات الموجودة في المكمن - وهي عادةً ما يطلق عليها المورد أو النفط الأصلي في المكان (OOIP) و (2) الاحتياطيات القابلة للاستخراج - التي يُعد فيها جزءاً من المورد واعتباراً من تاريخ حساب الاحتياطيات فعالاً اقتصادياً، وذلك نظراً لظروف السوق والاستخدام الرشيد لمعدات الاستخراج الحديثة وتقنياته. سيتغير تقدير الاحتياطي مع سعر النفط وتطور تقنيات الاستخلاص الجديدة والأكثر كفاءة، ومن ثم فإنه قد تبدو التقديرات المبكرة لاحتياطيات حقل النفط متحفظة بقدر ما يزيد العدد بمرور الزمن، ويشار إلى هذه الظاهرة بإسم نمو الاحتياطيات.

يمكن أيضاً استخدام مصطلح النفط في المكان (OIP) للمورد، ولكن من الأنسب الإشارة إلى النفط المتبقي بعد بدء الاستخلاص وتشغيله لفترة من الوقت.

غالباً ما يشار إلى نسبة احتياطيات النفط القابلة للإنتاج إلى إجمالي النفط في حقل معين بإسم عامل الاستخلاص recovery factor الذي يختلف من حقل نفطي إلى حقل نفطي آخر، وفي الواقع فإنه قد يتغير عامل الاستخلاص لأي مجال معين بمرور الزمن، وذلك بناءً على تاريخ التشغيل واستجابة للتغيرات في التكنولوجيا والاقتصاد.

لا تكشف العديد من البلدان المنتجة للنفط عن بيانات حقل هندسة المكامن، ولكنها بدلاً من ذلك تقدم مطالبات غير مُدققة لاحتياطياتها النفطية.

كان للولايات المتحدة طريقتان رئيسيتان للإعلان عن الاحتياطيات: (1) المعايير التي طورتها جمعية مهندسي البترول SPE و (2) المعايير التي تستخدمها لجنة الأوراق المالية والبورصات SEC، وهناك نظاماً آخر من المعايير طورته روسيا وقد أصبح متاحاً أيضاً مؤخراً، وبسبب كون أن روسيا دولة مصدرة للنفط فهي جديرة بالملاحظة أيضاً.

لكن مع ذلك فإن استخدام مصطلح الاحتياطيات باعتباره وصفاً للمورد يخضع للكثير من التكهنات فإنه في الواقع هو عرضة للتغييرات في الكلمات، وعلى سبيل المثال فإنه يتم تصنيف الاحتياطيات على أنها مثبتة وغير مثبتة ومحتملة وممكنة وغير مكتشفة - ولكل منها تعريفه الخاص به.

4-2-1: معايير جمعية مهندسي البترول SPE

لا تأخذ المعايير التي طورتها جمعية مهندسي البترول في الحسبان احتمال وجود الهيدروكربونات مادياً في تكوين جيولوجي معين فحسب، ولكنها تأخذ في حسبانها أيضاً الجدوى الاقتصادية لاستخلاص الاحتياطيات. يتضمن ذلك العديد من العوامل من مثل تكاليف التنقيب والحفر، وتكاليف الإنتاج الجارية وتكاليف النقل والضرائب والأسعار السائدة للمنتجات وعوامل أخرى تؤثر في الجدوى الاقتصادية لرواسب معينة.

ضمن هذه المعايير فإنه يتم تصنيف الاحتياطيات على أنها محققة ومحتملة وممكنة، وذلك بناءً على العوامل الجيولوجية والتجارية.

تتضمن جميع تقديرات الاحتياطيات عدم اليقين وذلك اعتماداً على كمية البيانات الجيولوجية والهندسية الموثوقة المتاحة وتفسير تلك البيانات، وبالإمكان التعبير عن درجة عدم اليقين النسبية بتقسيم الاحتياطيات إلى تصنيفين رئيسيين - مثبتة (proved) وغير مثبتة (unproved). يمكن أيضاً تقسيم الاحتياطيات غير المثبتة إلى فئتين فرعيتين - محتملة وممكنة - للإشارة إلى الدرجة النسبية لعدم اليقين بشأن وجودهما.

إن الاحتياطيــات المثبتــة Proved reserves هي احتياطيات البترول المؤكدة بدرجة عالية من اليقين، ويتم العثور عليها بالفعل من خلال عمليات الحفر ويمكن اســتخلاصها عن طريق التكنولوجيا الحالية، وهي لديها درجة عالية من الدقة ويتم تحديثها بشــكل متكرر مع تقدم عملية الاســتخلاص. إن الاحتياطيــات المحققــة Proven reserves لديها قــدر معقول من اليقين (عادة ما لا يقل عن 90 % مســتوى ثقة) من كونها قابلة للاســتخلاص في ظل الظروف الاقتصادية والسياســية الحالية واستخدام التكنولوجيا الحالية. يشــير المتخصصون في الصناعة إلى هذا على أنــه P90 (أي وجود 90% يقين من إنتاجه)، وتُعرف الاحتياطيات المثبتة أيضاً في الصناعة بإســم IP. يمكن تحديثهــا عن طريق خصائص المكمن من مثل بيانات الإنتاج وتحليل الضغط العابر ونمذجة المكمن.

إن الاحتياطيات المحتملــةProbable reserves هي تلك الاحتياطيات النفطية شــبه المؤكدة ولكن يوجد شــك بسيط بشــأنها، أما الاحتياطيات الممكنــة Possible reserves فــهي تلك الاحتياطيــات النفطية مع درجة أكبر من عدم اليقين بشأن الاستخلاص ولكن هناك البعض من المعلومات عنها، وهناك مصطلح إضافي وهو الاحتياطيات الاحتمالية potential (*)(*) وهو يســتخدم أيضاً في بعض الأحيان ، وتســتند هذه الاحتياطيات إلى معلومات جيولوجية حول أنواع الرواســب التي من المحتمل أن تحدث فيها هذه الموارد وتعتبر بمثابــة تخمين متعلم. ثم أن هناك أيضاً ما يســمى بالاحتياطيات غير المكتشفة undiscovered التي هي أكثر بقليل من نسج الخيال. يجب استخدام مصطلحــات الاحتياطيات غير المكتشــفة أو الموارد غير المكتشــفة بحذر وبخاصة عند تطبيقها كوســيلة لتقدير احتياطيات النفط، فالبيانات تخمينية للغايــة ويعتبرها العديد من علماء الطاقــة ذات قيمة قليلة بخلاف التفاؤل الجامح.

(*) (*) الاحتياطيات المحتملة potential هي إمدادات بالطاقة لم يتم اكتشافها بعد ولكن يعتقد أنها موجودة.

إن الاحتياطيات المحتملة Probable هي تلك الاحتياطيات النفطية شبه المؤكدة ولكن يوجد شك بسيط بشأنها، وتستند الاحتياطيات المحتملة إلى متوسط التقديرات وتطالب بمستوى ثقة بنسبة 50 %، يشير المتخصصون في الصناعة إلى هذا على أنها P50 (أي وجود يقين بنسبة 50 % من إنتاجها)، ويشار إليها أيضاً في الصناعة بإسم 2P (مثبتة+ محتملة).

إن الاحتياطيات الممكنة Possible هي تلك الاحتياطيات النفطية مع درجة أكبر من عدم اليقين بشأن الاستخلاص ولكن هناك البعض من المعلومات عنها، وتقل احتمالية استخلاص الاحتياطيات الممكنة عن الاحتياطيات المحتملة. غالباً ما يستخدم هذا المصطلح للإشارة إلى الاحتياطيات التي يُزعم أن لديها على الأقل نسبة 10% تأكد من إنتاجها (P10). تشمل أسباب تصنيف الاحتياطيات قدر الإمكان تفسيرات متباينة للجيولوجيا، والاحتياطيات غير القابلة للإنتاج بالمعدلات التجارية، وعدم اليقين بسبب الردم الاحتياطي (التسرب من المناطق المجاورة)، والاحتياطيات المتوقعة بناءً على طرائق الاستخلاص المستقبلية، يشار إلى هذا في الصناعة على أنه 3P (مثبتة+ محتملة+ ممكنة).

غير مثبتة				مثبتة
احتمالية	مستنتجة	ممكنة	محتملة	محققة

إن تقييم احتياطيات الغاز الطبيعي المثبتة والمحتملة والممكنة ينطوي بطبيعة الحال على العديد من أوجه عدم اليقين، وأن دقة أي تقييم للاحتياطيات تعتمد على جودة المعلومات المتاحة والتفسير الهندسي والجيولوجي، واستناداً إلى نتائج الحفر والاختبار والإنتاج بعد تاريخ المراجعة فإنه بالإمكان إعادة حساب الاحتياطيات بشكل كبير لأعلى أو لأسفل. قد تؤثر التغييرات في أسعار الغاز الطبيعي أو مكثفات الغاز أو النفط الخام أيضاً في تقديرات الاحتياطيات المثبتة والمحتملة لدينا، فضلاً عن تقديرات صافي الإيرادات المستقبلية وصافي القيمة الحالية، وذلك لأن الاحتياطيات يتم تقييمها ، ويتم تقدير صافي الإيرادات المستقبلية وصافي القيمة الحالية بناءً على الأسعار والتكاليف في تاريخ المراجعة.

يســـتخدم في الآونة الأخيرة مصطلح إضافي - الاحتياطيات الاحتمالية potential - وفي بعـــض الأحيـــان تســـتند هذه الاحتياطيـــات إلى معلومات جيولوجية حول أنواع الرواســـب التي من المحتمل أن تحدث فيها هذه الموارد وتعد بمثابة تخمين متعلم. يستخدم مصطلح الاحتياطيات المستنتجة inferred أيضاً بشـــكل شـــائع بالإضافة إلى الاحتياطيات الاحتمالية أو بدلاً منها. تعد الاحتياطيات المســـتنتجة بدرجة دقة أعلى من الاحتياطيات الاحتمالية، ويتم تطبيق المصطلح على تلك الاحتياطيات التي تم تقديرها باستخدام فهم محسن لأطر المكمن، ويشـــمل المصطلح أيضاً عادةً تلـــك الاحتياطيات التي يمكن اســـتخلاصها من خلال التطوير الإضافي لتقنيات الاســـتخلاص، وتستخدم شركات النفط والهيئات الحكومية الاحتياطيات غير المؤكدة داخلياً لأغراض التخطيط المستقبلية.

إن جمعية مهندسي البترول في الآونة الأخيرة طورت نظام تصنيف الموارد (الشـــكل 1-1) الذي يبتعد عن الأنظمة التي يتم فيها اســـتخدام جميع كميات البـــترول المقدر أنها موجـــودة في البداية، ويرى البعض من المســـتخدمين أن الجزء القابل للاستخلاص المقدر فحســـب يشكل مورداً، وفي هذه التعريفات فـــإن الكميات المقدرة في البداية هي (1) إجمالي البترول في مكانه، (2) البترول المكتشف في البداية، و (3) البترول غير المكتشف - في البداية في المكان.

يتم تعريف الأجزاء القابلة للاستخلاص من البترول بشكل منفصل على أنهـــا (1) احتياطياتreserves ، (2) موارد طارئـــة contingent resources ، و (3) موارد مرتقبةprospective resources ، وعلى أية حال فإن الاحتياطيات هي مجموعة فرعية من الموارد وهي تلك الكميات البترولية التي يتم اكتشافها (أي في تراكمات معروفة) وقابلة للاستخراج وتجارية ومتبقية.

إن إجمالي البترول الموجود في البدايـــة هو تلك الكمية من البترول المقدر وجودهـــا في الأصل في تراكمات طبيعية، ومن ثـــم فإن إجمالي البترول الموجود في البداية هو تلك الكميـــة المقدرة من النفط التي تم احتواؤها في التراكمات المعروفـــة، بالإضافة إلى تلك الكميات المنتجة بالفعـــل منها وتلك الكميات

المقدرة في التراكمات التي لم يتم اكتشافها بعد، ويمكن تقسيم إجمالي البترول الموجود في البداية إلى البترول المكتشف في البداية والبترول غير المكتشف في البداية، مع اقتصار البترول المكتشف في البداية على التراكمات المعروفة.

ومن المسلم به أن كمية البترول الموجودة مبدئياً قد تشكل موارد قابلة للاستخلاص لأن تقدير النسبة التي يمكن استخلاصها يمكن أن تخضع إلى قدر كبير من عدم اليقين وسوف تتغير مع التغيرات في الظروف التجارية والتطورات التكنولوجية وتوافر البيانات. قد يصبح جزء من هذه الكميات المصنفة على أنها غير قابلة للاستخلاص موارد قابلة للاستخلاص في المستقبل مع تغير الظروف التجارية أو حدوث تطورات تكنولوجية أو الحصول على بيانات إضافية.

يمكن تقسيم البترول المكتشف في البداية إلى فئات تجارية وفرعية، ومع تصنيف الجزء المقدر القابل للاستخلاص كاحتياطيات وموارد طارئة على التوالي وعلى النحو المحدد أدناه.

إن الاحتياطيات هي تلك الكميات من البترول المتوقع استخلاصها تجارياً من التراكمات المعروفة من تاريخ معين فصاعداً (http://www.spe.org/spe/jsp/basic/0).

يجب تصنيف الكميات المقدرة القابلة للاستخلاص من التراكمات المعروفة التي لا تفي بمتطلبات التجارة على أنها موارد طارئة وعلى النحو المحدد أدناه، وسيختلف تعريف النشاط التجاري للتراكم وفقاً للظروف الحالية والظروف المحلية ويترك ذلك لتقدير البلد أو الشركة المعنية، لكن مع ذلك فإنه لا يزال يتعين تصنيف الاحتياطيات وفقاً لمعايير محددة، ومن ثم فإن الاحتياطيات المثبتة ستقتصر على تلك الكميات التجارية في ظل الظروف الاقتصادية الحالية، بينما قد تستند الاحتياطيات المرجحة والممكنة إلى الظروف الاقتصادية المستقبلية، وبعامة فإنه لا ينبغي تصنيف الكميات كاحتياطيات ما لم يكن هناك توقع بأن التراكم سيتم تطويره ووضعه على الإنتاج خلال إطار زمني معقول.

أحيانـــاً وفي ظروف معينة فإنه قد يتـــم تخصيص الاحتياطيات على الرغم من أن التطوير قد لا يحدث لبعض الوقت، ومثال على ذلك هو المكان الذي يتم فيه تخصيص الحقول لعقد توريد طويل الأجل وسيتم تطويرها فحسب عندما تكون مطلوبة للوفاء بهذا العقد.

إن المـــوارد الطارئة هي كميات البترول التي تـــم تقديرها في تاريخ معين لتكون قابلة للاستخلاص من التراكمات المعروفة، ولكنها لا تعد حالياً قابلة للاســـتخلاص تجارياً، وقد يكون هناك البعض مـــن الغموض بين تعريفات الموارد الطارئة والاحتياطيات غير المثبتة، إن هذا انعكاس للتغيرات في الممارسة الصناعية الحالية، ولكن إذا لم تكن درجة الالتزام بحيث من المتوقع تطوير التراكم ووضعه على الإنتـــاج في إطار زمني معقول، فـــإن الأحجام المقدرة القابلة للاستخلاص للتراكم تصنف على أنها موارد طارئة. قد تشمل الموارد الطارئة وعلى ســـبيل المثال التراكمات التي لا يوجد لها ســـوق قابل للتطبيق حالياً، أو حيث يعتمد الاستخلاص التجاري على تطوير تكنولوجيا جديدة، أو حيث لا يزال تقييم التراكم في مرحلة مبكرة.

إن النفط غير المكتشف في البداية هو كمية النفط المقدرة في تاريخ معين الـــتي يجب احتواؤها في التراكمات التي لم يتم اكتشـــافها بعد، ويتم تصنيف الجزء التقديري الممكن اســـتخلاصه من البترول غير المكتشـــف في البداية كمصادر مســـتقبلية، وهي كميات البترول التي تـــم تقديرها في تاريخ معين لتكون قابلة للاستخلاص من التراكمات غير المكتشفة.

إن المورد النهائي القابل للاســـتخلاص URR هو إجمالي كمية النفط التي ســـيتم إنتاجها، بما في ذلك ما يقرب من تريليون برميل مستخرج حتى الآن، وأن الاســـتخلاص النهائي المقدر EUR هو كميـــة البترول التي تم تقديرها في تاريخ معين لتكون قابلة للاســـتخلاص من التراكم، بالإضافة إلى الكميات المنتجة منه بالفعل، ولا يُعد الاستخلاص النهائي المقدر موارد ولكنه مصطلح يمكن تطبيقه على تراكم فردي لأي حالة / نضج ، سواء أتم اكتشافه أم لم يتم اكتشافه.

يجب عدم تجميع كميات البترول المصنفة كاحتياطيات أو موارد طارئة أو موارد محتملة مع بعضها البعض دون مراعاة الفروق الجوهرية في المعايير المرتبطة بتصنيفها، وبخاصة قد يكون هناك خطر كبير يتمثل في أن التراكمات التي تحتوي على موارد طارئة أو موارد محتملة لن تحقق الإنتاج التجاري.

يعكس نطاق عدم اليقين نطاقاً معقولاً للأحجام المقدرة القابلة للاستخلاص للتراكم الفردي، وأن أي تقدير لكميات الموارد للتراكم يخضع لشكوك فنية وتجارية على حد سواء، ويجب بعامة أن يتم ذكرها كنطاق، وفي حالة الاحتياطيات وحيثما كان ذلك مناسباً فإنه يمكن أن ينعكس هذا النطاق من عدم اليقين في تقديرات الاحتياطيات المثبتة (IP) ، والاحتياطيات المثبتة بالإضافة إلى الاحتياطيات المحتملة بالإضافة إلى الاحتياطيات الممكنة (2P) والمثبتة بالإضافة إلى سيناريوهات الاحتياطيات الممكنة (3P)، وبالنسبة لفئات الموارد الأخرى فإنه يوصى باستخدام مصطلحات التقدير المنخفض وأفضل تقدير والتقدير العالي.

يستخدم مصطلح أفضل تقدير كتعبير عام عن التقدير الذي يُعد الأقرب للكمية التي سيتم استخلاصها بالفعل من التراكم بين تاريخ التقدير ووقت التخلي عن المكمن، فإذا تم استخدام الطرائق الاحتمالية فسيكون هذا المصطلح عموماً مقياساً للاتجاه المركزي لتوزيع عدم اليقين، ويجب أن يوافر المصطلحان «تقدير منخفض» و «تقدير مرتفع» تقييماً معقولاً لمدى عدم اليقين في أفضل تقدير.

بالنسبة للتراكمات غير المكتشفة والموارد المتوقعة سيكون النطاق أكبر بكثير من نطاقات التراكمات المكتشفة، لكن مع ذلك فإنه في جميع الحالات سيعتمد النطاق الفعلي على كمية البيانات ونوعيتها (الفنية والتجارية على حد سواء) المتوافرة لهذا التراكم، ومع توافر المزيد من البيانات لتراكم معين (من مثل الآبار الإضافية ، وبيانات أداء المكمن) فإنه ينبغي تقليل نطاق عدم اليقين في الاستخلاص النهائي المقدر لذلك التراكم.

يجب أن يعكس التقدير المنخفض وأفضل تقدير والتقدير المرتفع للأحجام القابلة للاستخلاص البعض من القابلية للمقارنة مع فئات الاحتياطيات المثبتة، والاحتياطيات المثبتة بالإضافة إلى الاحتياطيات المحتملة، والمثبتة بالإضافة إلى الاحتياطيات المحتملة بالإضافة إلى الاحتياطيات الممكنة على التوالي. في حين أنه قد يكون هناك خطر كبير يتمثل في أن التراكمات التجارية الفرعية أو غير المكتشفة لن تحقق الإنتاج التجاري، فإنه من المفيد النظر في نطاق الأحجام القابلة للاستخلاص بشكل مستقل عن هذه المخاطر.

قد تصبح الموارد احتياطيات في وقت ما في المستقبل، وذلك نتيجة للتحسينات في تقنيات الاستخلاص التي قد تجعل المورد متاحاً، أو تؤدي إلى خفض تكاليف الاستخلاص وتجعل كسب المورد اقتراحاً اقتصادياً. بالإضافة إلى ذلك فإنه بالإمكان أيضاً العثور على استخدامات أخرى لسلعة ما، وقد يؤدي الطلب المتزايد إلى زيادة السعر. بدلاً من ذلك فإنه قد يتم استنفاد وديعة كبيرة وغير قادرة على إنتاج المزيد من الموارد، ومن ثم إجبار الإنتاج على التركيز على مورد ذي درجة أقل ولكن له تكلفة استخلاص أعلى.

أخيراً فإن ذروة النفط هي ليست ظاهرة نفاد النفط، إنها الانخفاض اللاحق في معدل إنتاج النفط وهي في الواقع النقطة الزمنية التي يتم الوصول فيها إلى أقصى معدل لاستخلاص النفط الخام العالمي، وبعد ذلك يدخل معدل الإنتاج في مرحلة انخفاض مستمر، ويعتمد مفهوم الذروة على معدلات الإنتاج الملحوظة لآبار النفط الفردية، ومعدل الإنتاج المجمع لحقل من آبار النفط ذات الصلة. يبدو أن معدل الإنتاج الكلي من حقل نفطي ينمو بمرور الزمن بشكل كبير حتى يصل المعدل إلى ذروته ثم ينخفض بسرعة في بعض الأحيان حتى ينضب الحقل، ولقد ثبت أنه قابل للتطبيق على مجموع معدل الإنتاج المحلي للولايات المتحدة، ويتم تطبيقه بالمثل على المعدل العالمي لإنتاج البترول.

4-2-2: معايير لجنة الأوراق المالية والبورصات

تختلف المعايير التي وضعتها لجنة الأوراق المالية والبورصات SEC في الولايات المتحدة في عدد من النواحي المادية عن معايير جمعية مهندسي البترول

SPE، ويرتبط الاختــلاف الفني الرئيسي بيقين الوجــود (أي الاحتياطيات المُثبتة).

وفقاً لمعايير جمعية مهندسي البترول فإنه بالإمكان تصنيف الاحتياطيات في مواقع الحفر غير المطورة التي تقع في أكثر من موقع بئر واحدة من بئر تجارية منتجــة على أنها احتياطيات مثبتة إذا كان هناك يقين معقول بوجودها. لكن مــع ذلك فإنه وفقاً لمعايير هيئة الأوراق الماليــة والبورصات، فإنه يجب إثبات وجود الاحتياطيات بشكل مؤكد قبل تصنيفها على أنها احتياطيات مثبتة.

إن الاحتياطيــات المثبتة هي النوع الوحيد من الاحتياطيات التي تســمح لجنة الأوراق المالية والبورصات لشركات النفط بإبلاغ المستثمرين بها، ويجب على الشركات المدرجة في البورصات الأمريكية إثبات مزاعمها، لكن العديد من الحكومات وشركات النفط الوطنية لا تكشف عن بيانات التحقق لدعم مزاعمها. يمكن أن تؤدي ممارســة الإبلاغ عن الاحتياطيات المثبتة فحسب إلى نمو احتياطي قوي، إذ أن 90% من احتياطيات النفط المضافة السنوية تأتي من مراجعات الحقول القديمة، مما يدل على ضعف الإبلاغ عن تقييم الحقول، وغالباً ما يُعزى نمو احتياطي النفط التقليدي هذا (وبشكل خاطئ أحياناً) إلى التقدم التكنولوجي، وأن البيانات الفنية التي يتم اتخاذ قرارات التنمية بشأنها هي موجودة ولكن يتم الاحتفاظ بها على أنها سرية وليست للنشر العام.

فضلاً عن ذلك فإنه وفقاً لمعايير هيئة الأوراق المالية والبورصات لا يجوز تصنيــف النفط الموجود في المكامن على أنه احتياطيات مؤكدة إذا كان ســيتم اســتخراجه بعد انتهاء فترة الترخيص الحالية، ما لم يكن لصاحب الترخيص الحق في تجديد الترخيص وهناك ســجل مثبــت لتجديد الترخيص، لكن مع ذلك فإنــه وفقاً لمعايير جمعية مهندسي البترول فإنه من المتوقع أن تتناســب الاحتياطيات المؤكدة مع عمر الإنتاج الاقتصادي للحقول التي تم تقييمها.

بناءً على ذلك فإن المعلومات المُتعلقــة باحتياطيات النفط الخام المؤكدة المقــدرة وفقاً لمعايير لجنــة الأوراق المالية والبورصات هي ليســت بالضرورة مؤشراً على المعلومات التي ســيتم الإبلاغ عنها بموجب هذه المعايير في وثيقة

عرض مسجلة لدى هذه اللجنة، وبالإضافة إلى ذلك فإن معايير لجنة الأوراق المالية والبورصات لا تسمح بعرض الاحتياطيات بخلاف الاحتياطيات المثبتة.

بموجب لوائح هيئة الأوراق المالية والبورصات، فإن النفط المثبت هو الكميات المقدرة من النفط الخام التي توضح البيانات الجيولوجية والهندسية بقدر معقول من اليقين إمكانية استخلاصها في السنوات المقبلة من المكامن المعروفة في ظل الظروف الاقتصادية والتشغيلية الحالية، بما في ذلك الأسعار والتكاليف اعتباراً من تاريخ التقدير المعتمد، فضلاً عن ذلك فإن المكامن تُعد مثبتة إذا كانت الإنتاجية الاقتصادية مدعومة إما ببيانات الإنتاج الفعلية أو باختبار التكوين النهائي.

يتم تضمين الاحتياطيات التي يمكن إنتاجها اقتصادياً من خلال تطبيق تقنيات الاستخلاص المُعززة، من مثل حقن السوائل في التصنيف المثبت عند الاختبار الناجح بواسطة مشروع تجريبي أو تشغيل برنامج مثبت في المكمن، مما يوافر الدعم للتحليل الهندسي على الذي استند إليه المشروع أو البرنامج، لكن مع ذلك فإن تقديرات الاحتياطيات المؤكدة لا تشمل ما يأتي:

1 - النفط الذي قد يتوافر من مكامن معروفة، ولكن يتم تصنيفه بشكل منفصل على أنه احتياطي إضافي محدد.

2 - النفط الخام الذي يكون استخلاصه محل شك معقول بسبب عدم التأكد من الجيولوجيا أو خصائص المكامن أو العوامل الاقتصادية.

3 - النفط الخام الذي قد يظهر في عمليات التنقيب غير المحفورة.

4 - النفط الخام والغاز الطبيعي وسوائل الغاز الطبيعي التي يمكن استخلاصها من بيع النفط والفحم والجلسونيت gilsonite ومصادر أخرى من هذا القبيل.

يتم تقسيم الاحتياطيات المثبتة إلى مثبتة مطورة PD ومثبتة غير مطورة PUD، وأن الاحتياطيات المثبتة المطورة هي احتياطيات يمكن إنتاجها من خلال الآبار والثقوب الموجودة، أو من المكامن الإضافية التي تتطلب الحد

الأدنى من الاستثمار الإضافي (نفقات التشغيل). يمكن تضمين النفط والغاز الإضافي المتوقع الحصول عليهما من خلال تطبيق حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المُعززة الأخرى لتكملة القوى الطبيعية وآليات الاستخلاص الأولية كاحتياطيات مطورة مثبتة فحسب بعد الاختبار بواسطة مشروع تجريبي أو بعد تشغيل برنامج مُثبَت أكد ومن خلال استجابة الإنتاج أنه سيتم تحقيق استخلاص متزايد من المكمن.

إن الاحتياطيات المثبتة غير المطورة هي الاحتياطيات التي سيتم استخلاصها من الآبار الجديدة على مساحة غير محفورة، أو من الآبار الموجودة إذ يلزم إنفاق كبير نسبياً لإعادة الإكمال، وتقتصر الاحتياطيات على المساحات غير المحفورة على وحدات الحفر التي تعوض الوحدات الإنتاجية المؤكدة بشكل معقول من الإنتاج عند الحفر، ولا يمكن المطالبة بالاحتياطيات المثبتة للوحدات الأخرى التي لم يتم حفرها إلا عندما يمكن إثبات وجود استمرارية الإنتاج من التكوين الإنتاجي الحالي، ولا يُسمح بتقديرات للاحتياطيات المثبتة غير المطورة لأي مساحة يتم فيها تطبيق حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المُعززة الأخرى ما لم يتم إثبات فعالية هذه التقنيات من خلال الاختبارات الفعلية في المنطقة وفي المكمن نفسه.

4-2-3: المعايير الروسية

يختلف التصنيف الروسي لاحتياطيات النفط الخام اختلافاً كبيراً عن معايير لجنة الأوراق المالية SEC ومعايير جمعية مهندسي البترول SPE فيما يتعلق بطريقة ومدى أخذ العوامل التجارية في الاعتبار عند حساب الاحتياطيات. بينما يركز نظام الاحتياطيات الروسية على الوجود المادي الفعلي للهيدروكربونات في التكوينات الجيولوجية، فإنه يتم تقدير احتياطيات النفط الخام بناءً على احتمال وجود من مثل هذا الوجود المادي.

(http://econ.la.psu.edu/CAPCP/ RussianData / data / classification, pdf).

يعتمد نظام الاحتياطيات الروسية فحسب على تحليل الصفات الجيولوجية، ويتم تمثيل الاحتياطيات المكتشفة بالفئات A و B و C1 ، ويتم تمثيل الاحتياطيات المقدرة الأولية بالفئة C2 ، ويتم تمثيل الموارد المحتملة في الفئة C3 ، والموارد المتوقعة ممثلة بالفئتين D1 و D2.

يتم احتساب احتياطيات الفئة A على جزء من الرواسب التي تم حفرها وفقاً لمشروع تطوير معتمد لحقل النفط أو الغاز الطبيعي وهي احتياطيات تم تحليلها بتفاصيل كافية لتحديد ما يأتي بشكل شامل:

1 - نوع المكمن وشكله وحجمه.

2 - مستوى التشبع الهيدروكربوني.

3 - نوع المكمن وطبيعة التغيرات في خصائص المكمن.

4 - التشبع الهيدروكربوني للطبقات الإنتاجية من الرواسب.

5 - محتوى الهيدروكربونات وخصائصها.

6 - السمات الرئيسة للرواسب الذي يحدد شروط تطورها (نمط التشغيل ، إنتاجية البئر ، ضغط الطبقات ، الغاز الطبيعي ، مكثفات الغاز ، ميزان النفط الخام).

تمثل احتياطيات الفئة B النفط الخام الذي تم تحديده على أساس التدفقات التجارية للنفط في الآبار، ويشمل تصنيف الاحتياطيات في هذه الفئة ما يأتي:

1 - شكل المكمن وحجمه.

2 - عمق التشبع النفطي ونوع المكمن.

3 - طبيعة التغيرات في خصائص المكمن.

4 - التشبع النفطي للطبقات المنتجة للمكمن.

5 - تكوين النفط الخام وخصائصه.

إن احتياطيــات الفئــة C1 هي احتياطيات المكمن (أو جــزء منه) إذ تم تحديد محتوى النفط على أســاس التدفقات التجارية للنفط والنتائج الإيجابية للاستكشاف الجيولوجي والجيوفيزيائي للآبار غير المجربة، بالإضافة إلى ذلك فقد تم تحديد نوع وشكل وحجم المكمن وكذلك هيكل تكوين المكامن الحاملة للنفــط من نتائج التنقيب عــن آبار التنقيب والإنتــاج ومن خلال تقنيات الاستكشــاف الجيولوجية والجيوفيزيائية التي تم اســتخدامها في الحقول- تم اختباره للمنطقة المناسبة. يجب دراسة الصخر (نوع الصخور ومحتواها)، ونوع المكمن وخصائصه، وتشبع النفط والغاز الطبيعي، ونسبة إزاحة النفط، وعمق التشــبع الفعال للنفط والغاز الطبيعي للطبقات الإنتاجية بناءً على نوى الحفر ومواد استكشــاف الآبار الجيوفيزيائية، وأن تكوين النفط الخام وخصائصه وإنتاجية الآبار ضرورية أيضاً لهذه الفئة.

يتم تقدير احتياطيات الفئة C1 على أســاس نتائج أعمال الاستكشــاف الجيولوجي وحفر الإنتاج ويجب أن تكون قد دُرِسَت بتفاصيل كافية للحصول على البيانات الــتي يمكن من خلالها وضع مشروع تطوير صناعي تجريبي في حالة حقل غاز طبيعي أو حقل تكنولوجي مخطط التطوير في حالة حقل نفط.

إن احتياطيات الفئة C2 هي احتياطيات تقديرية أولية للرواسب النفطية المحسوبة على أساس البحث الجيولوجي والجيوفيزيائي لأقسام غير مكتشفة من الرواسب المجاورة لأقسام حقل يحتوي على احتياطيات من فئات أعلى ورواسب غير مجربة من الحقول الاستكشافية يتم تحديد الشكل والحجم والهيكل والمستوى وأنواع المكامــن والمحتوى وخصائــص الرواســب الهيدروكربونية بعبارات عامة بناءً على نتائج الاستكشــاف الجيولــوجي والجيوفيزيائي ومعلومات عن الأجزاء التي تم استكشافها بشكل كامل من الرواسب، وتستخدم احتياطيات الفئــة C2 لتحديد إمكانات التطوير للحقل ولتخطيط الأنشــطة الجيولوجية والاستكشافية والإنتاجية.

إن موارد الفئة C3 هي احتياطيــات محتملة تم إعدادها لحفر (1) مصائد داخل منطقة تحمل النفط والغاز محددة بواسطة طرائق الاستكشاف الجيولوجية

والجيوفيزيائية التي تم اختبارها لهذه المنطقة و (2) تشكيل الحقول المستكشفة التي لم يتم الكشف عنها بالحفر، ويتم تقدير شكل وحجم وشروط التقسيم الطبقي للرواسب المفترضة من نتائج البحوث الجيولوجية والجيوفيزيائية. يُفترض أن تكون سماكة التكوينات وخصائص مكمنها وتركيب الهيدروكربونات وخصائصها مماثلة لتلك الخاصة بالحقول المستكشفة، وأن موارد الفئة C3 تستخدم في التخطيط لأعمال التنقيب والاستكشاف في المناطق المعروفة باحتوائها على الحقول الاحتياطية الأخرى.

يتم حساب موارد الفئة D1 بناءً على نتائج البحوث الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية للمنطقة وبالتشابه مع الحقول المكتشفة في داخل المنطقة التي يتم تقييمها، إن موارد الفئة D1 هي عبارة عن احتياطيات في سلاسل الصخور والطبقات الصخرية التي يتم تقييمها في داخل حدود الهياكل الإقليمية الكبيرة المؤكدة وذلك لاحتوائها على الاحتياطيات التجارية من النفط والغاز الطبيعي.

يتم حساب موارد الفئة D2 باستخدام معلمات مفترضة على أساس المفاهيم الجيولوجية العامة وبالقياس مع المناطق الأخرى المدروسة بشكل أفضل مع حقول النفط والغاز الطبيعي المستكشفة. إن موارد الفئة D2 هي عبارة عن احتياطيات في سلاسل الصخور والطبقات الصخرية التي يتم تقييمها في داخل حدود الهياكل الإقليمية الكبيرة التي لم يتم التأكد بعد من احتوائها على الاحتياطيات التجارية من النفط والغاز الطبيعي، ويتم تقييم احتمالات هذه السلسلة التي ثبت أنها حاملة للنفط والغاز بناءً على البحوث الجيولوجية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية.

فضلاً عن ذلك فإن قانون الموارد الجوفية Subsoil Resources الذي ينص على أنه يجوز لحامل الترخيص طلب تمديد الترخيص القائم، إذ تظل الاحتياطيات القابلة للاستخراج عند انتهاء المدة الأساسية للترخيص شريطة أن يكون صاحب الترخيص ممتثلاً مادياً للترخيص.

لكن مع ذلك فإنه وفقاً لقانون الموارد الجوفية فإن الاحتياطيات المعدنية في روسـيا تخضع لفحص حكومي إلزامي، ولا يمكن منح مسـتخدمي باطن الأرض ترخيـص إنتاج فيما يتعلق بحقل لم يتم فحصـه، ويتم إجراء فحص الدولة للاحتياطيـات من قبل المنظمات الفرعية التابعـة للوكالة الفيدرالية لاسـتخدام التربة التحتية، بما في ذلـك لجنة الاحتيـاطي الحكومية ولجنة الاحتياطي المركزي وإداراتها الإقليمية، فإذا تمت الموافقة على الجدوى التجارية لعـدد من الاحتياطيات من قبل أي منظمة من هـذا القبيل، فإنه يتم إدخال الاحتياطيات في رصيد الدولة للمنتجات المعدنية. بمجرد منح مستخدم باطن الأرض رخصة استكشاف أو تطوير أو إنتاج فإنه يلزم تقديم تقارير إحصائية سنوية تعكس التغييرات في الاحتياطيات، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يتم تقديم تقارير احتياطي مستخدمي التربة الجوفية سنوياً لفحصها والموافقة عليها من قبل لجنة الاحتياطي المركزية أو منظماتها الإقليمية أو إذا كان هناك تغيير كبير في الاحتياطيات من قبل لجنة الاحتياطي الحكومية.

يتم تجميع تقديرات الاحتياطيات كما تم فحصها من قبل منظمات الخبراء التابعة للدولة التي تنعكس في التقارير الإحصائية السـنوية لمستخدمي باطن الأرض في ميزان الدولة للمنتجات المعدنية.

أخيراً تعادل احتياطيات فئات A و B و C1المجمعة في المعايير الروسية مع الاحتياطيات المؤكدة والمحتملة والكثير من الاحتياطيات المحتملة (3P) وفقاً لمعايير جمعية مهندسي البترول SPE التقليدية.

4-2-4: معايير متنوعة

إن جمعية مهندسي البترول SPE ومجلس البترول العالمي WPC والرابطة الأمريكية لجيولوجي البترول AAPG وجمعية مهندسي تقييم البترول SPEE اعتمدوا نظاماً أكثر تطوراً لتقييم تراكمات البترول في عام 2007، ويتضمن هذا النظام تعاريف 1997 للاحتياطيـات ولكنها تضيف فئات للموارد المحتملة والموارد المتوقعة.

إن الموارد الطارئة Contingent هي كميات النفط المقدرة اعتباراً من تاريخ معين لتكون قابلة للاستخلاص من التراكمات المعروفة، لكن المشروع (المشاريع) المطبق لم يتم اعتباره ناضجاً بما يكفي للتطوير التجاري بسبب واحد أو أكثر من حالات الطوارئ. قد تشتمل الموارد الطارئة وعلى سبيل المثال على المشاريع التي لا توجد لها أسواق قابلة للتطبيق حالياً، أو حيث يعتمد الاستخلاص التجاري على التكنولوجيا قيد التطوير، أو حيث يكون تقييم التراكم غير كافٍ لتقييم النشاط التجاري بوضوح.

إن الموارد المحتملة Prospective هي تلك الكميات من النفط المقدرة اعتباراً من تاريخ معين، لتكون قابلة للاستخلاص من التراكمات غير المكتشفة عن طريق تطبيق مشاريع التطوير المستقبلية، وأن الموارد المحتملة لها فرصة مرتبطة بالاكتشاف وفرصة للتطوير.

يمكن أن تكون الاختلافات بين البيانات التي تم الحصول عليها من هذه التقديرات المختلفة كبيرة، ولكن يجب أن نتذكر أن أي بيانات حول احتياطيات النفط (وفي هذا الصدد ، حول أي وقود أو مورد معدني آخر) ستكون مفتوحة دائماً للأسئلة حول درجة من اليقين، ومن ثم فإنه على الرغم من استخدام أسلوب الحداد الذاتي، فقد تكون الاحتياطيات المؤكدة جزءاً صغيراً جداً من إجمالي المبالغ الافتراضية و/أو التخمينية لمورد ما.

تستخدم هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية مصطلحات الموارد القابلة للاستخلاص تقنياً واقتصادياً عند إجراء تقييمات الموارد البترولية، وتمثل الموارد القابلة للاستخلاص تقنياً تلك النسبة من البترول في الموقع المقدر الذي يمكن استخلاصه باستخدام تقنية الاستخلاص الحالية وبغض النظر عن التكلفة. إن الموارد القابلة للاستخلاص اقتصادياً هي بترول قابل للاستخلاص تقنياً ويمكن تغطية تكاليف الاكتشاف والتطوير والإنتاج والنقل - بما في ذلك العائد إلى رأس المال - بسعر السوق المحدد.

إن الموارد غير التقليديــة توجد في تراكمات البترول المنتشرة على طول منطقة كبيرة، وتشـمل الأمثلة بيتومين رمال القار (يشـار إليه أحياناً بشكل غير صحيح بالنفط الثقيل الإضافي) ورواسب السجيل النفطي، وعلى عكس الموارد التقليدية التي يتم فيها اسـتخلاص البترول من خلال الآبار وهي عادة ما تتطلب الحد الأدنى من المعالجة قبل البيع، وأن الموارد غير التقليدية تتطلب تقنية اسـتخراج متخصصة لإنتاجها. فضلاً عن ذلـك فقد يتطلب البترول المسـتخرج معالجة كبيرة قبل البيع (من مثل ترقيات البيتومين)) (Speight, 2007, 2008). إن الكميـة الإجمالية لمصادر النفط غـير التقليدية في العالم تتجاوز بشـكل كبير كمية احتياطيات النفط التقليدية، ولكن تطويرها هو أكثر صعوبة وتكلفة.

3-4: النفوط الخام المعيارية

إن سـعر البترول يعني السعر الفوري لخام غرب تكساس الوسيط WTI كما هو متداول في بورصة نيويورك التجارية NYMEX للتسـليم في كوشينغ Cushing -أوكلاهومـا Oklahoma، أو لخام برنت كما هو متداول في بورصة إنتركونتيننتـال Intercontinental Exchange (ICE - الـتي تـم دمج بورصة البترول الدولية فيها) للتسـليم في سولوم فو Sullom Voe، يعتمد سعر برميل النفط بشـكل كبير على درجته التي تحددها عوامـل من مثل الوزن النوعي أو الكثافة API والمحتوى الكبريـتي بالإضافة إلى الموقع، ولا يتم تداول الغالبية العظمى من النفط في البورصة، ولكن بدلاً من ذلك فإنه يتم تداولها في خارج البورصة وعادةً بالإشـارة إلى درجة النفط الخـام التي يتم تحديدها من خلال التسعير، ومن بين النفوط الخام القياسية المهمة الأخرى هي دبي Dubai وتابس Tapis وسلة أوبكOPEC basket .

يتـم تصنيف النفـط الخام بعامة على أسـاس الكثافـة API والمحتوى الكبريتي وذلك لأغراض التسعير، وعلى سبيل المثال فإن النفط الخام الخفيف ذو كثافـة منخفضة ولزوجة منخفضة ومحتـوى كبريتي منخفض، مما يجعل

نقله وتكريره أسهل ومن ثم يكون شرائه أكثر تكلفة. يحتوي النفط الخام الحلو على نسـبة كبريت أقل من 0.5% من حيث الوزن، وعادة ما يكون نفطاً خاماً خفيفاً مما يجعله أكثر تكلفة، ولكن من السهل تكريره بطريقة تلبي المعايير البيئية في البلدان المتقدمة.

عادةً مـا يكون النفط الخام الخفيف واحـداً له كثافة API أقل من نحو 40 درجة، ولنفط خام برنت كثافة API تتراوح من 38 إلى 39، ويفضل النفط الخام الحلو على النفط الخام الحامض وذلك لأنه من مثل النفط الخام الخفيف يكون أيضاً أكثر ملاءمة لـ إنتاج أغلى المنتجات المكررة، ومن ناحية أخرى فـإن النفط الخام الثقيل يتميز بكثافة عالية ولزوجة عالية ونسـبة عالية من الكبريـت، مما يجعل نقله وتكريره أكثر صعوبة وأرخص شراءً. يحتوي النفط الخام الحامض على نسـبة كبريت أعلى من 0.5% من حيـث الوزن، وأنه عادة مـا يكون النفط الخام ثقيلاً مما يجعل شرائـه أرخص ولكن تكريره أكثر تكلفة.

عادةً ما يكون للنفط الخام الثقيل كثافة تبلغ API 20 أو أقل - فكلما زادت الكثافة النوعية API انخفضت سماكة الخام أو وزنه النوعي، ويصعب التعامل مـع النفط الخام الثقيل لأنه جد كثيف بحيث لا يمكن ضخه بسـهولة عبر خطوط الأنابيب ما لم يتم تخفيفه بالخام الخفيف، كما أن تكريره أكثر تكلفة لإنتاج المنتجات البترولية الأكثر قيمة من مثل البنزين والديزل ووقود الطائرات.

إن كل حقـل نفطي ينتج تقريباً خاماً بمزيـج فريد من الخصائص، ومن ثم فإنه من الأسهل متابعة أسـعار الأنواع المعيارية الرئيسة، تصنف صناعة البترول بعامة النفط الخام حسـب الموقع الجغـرافي الذي يتم إنتاجه فيه (من مثل النفط الخام غرب تكسـاس الوسـيط أو النفط الخام برنت أو النفط الخام العماني)، وحسب الكثافة النوعية API (مقياس كثافة صناعة النفط)، والمحتوى الكبريتي فيه، وبالإضافة إلى ذلك فإن الموقع الجغرافي مهم لأنه يؤثر في تكاليف النقل إلى المصفاة.

إن النفــط **الخام الخفيف** مرغوب فيه أكثر مــن النفط الثقيل لأنه ينتج عائداً أعلى من البنزينgasoline ، في حين أن النفط الحلو يتطلب ســعراً أعلى من النفط الحامض لأنه يعاني من مشــاكل بيئية أقــل ويتطلب تكريراً أقل لتلبية معايير الكبريت المفروضة على الوقود في البلدان المستهلكة. إن لكل نفط خام خصائص جزيئية فريدة يمكن فهمها من خلال استخدام تحليل مقايسة النفــط الخام في مختبرات البترول، ويتم اســتخدام النفط الخام من منطقة تم فيها تحديد الخصائص الجزيئية للنفط الخام وتصنيف النفط كمراجع تســعير في جميع أنحاء العالم.

نظــراً لوجود العديد من أنواع ودرجات النفــط الخام المختلفة فقد وجد المشــترون والبائعون أنه من الأسهل الإشارة إلى عدد محدود من النفوط الخام المرجعية أو المعيارية، ثم يتم تسعير الأصناف الأخرى بخصم أو علاوة حسب جودتها، ومن ثم فإنه يتم تســعير النفط الخــام من حيث التوليفات الإقليمية ولــكل منها خصائصها المختلفــة. من بين هذه الخصائــص ، يتبع المتداولون خلطات معينة وذلك لأنها تعكس في الغالب القيمة الإجمالية للنفط، ومن ثم تؤثر في طريقة تسعير التوليفات المختلفة، وهذه هي في الأساس من مثل مؤشر أسعار المستهلك لأنواع مختلفة من النفط، وما يقرب من 160 نوعاً مختلفاً من النفــط الخام يتم تداولها حول العالم، وأن المعايير الأساســية الأربعة التي يتم تسعيرها دولياً هي:

1 - مزيج نفط خام برنت.

2 - خام غرب تكساس الوسيط WTI.

3 - نفط خام دبي.

4 - سلة أوبك للنفط الخام.

على ســبيل التوضيح فإن المعيار في الســياق الحالي هو معيار يمكن من خلاله قياس خصائص النفط الخام أو مقارنتها، وعند تقييم سعر أي نفط خام فإنه من المهم مقارنة النفط الخام بنفط خام معياري مناسب.

يعتمـد مزيج النفط الخام برنت على أسـعار خام برنـت وأنه نفط خام خفيف وحلو وهو في الواقع مزيج مـن 15 حقلاً نفطياً مختلفاً في نظامي برنت Brent ونينيـان Ninian الواقعين في بحر الشـمال، وتبلـغ كثافته 38.3 درجة بحسـب معهد البترول الأمريكي API مما يجعله نفطـاً خاماً خفيفاً، ولكنه ليس خفيفاً تماماً من مثل خام غرب تكسـاس الوسيط WTI، بينما يحتوي على كبريت بنحـو 0.37% من وزنه، مما يجعله نفطاً خامـاً حلواً ، ولكنه أقل حلاوة قليلاً من خام تكسـاس الوسـيط، ويعد مزيج برنـت مثالياً لصنع البنزين ونواتج التقطير المتوسـطة وكلاهما يُستهلك بكميات كبيرة في شمال غرب أوروبا، إذ أنه عادةً مـا يتم تكرير النفط الخام من مزيج برنت. لكن مـع ذلك فإنه إذا كانـت الموازنة بين خام برنت والنفـوط الخام الأخرى بما في ذلك خام غرب تكسـاس الوسـيط مؤاتية للتصدير فإنه من المعروف أن خام برنت يتم تكريره في الولايات المتحدة (عادةً السـاحل الشرقي أو ساحل الخليـج) أو منطقة البحر الأبيض المتوسـط. إن مزيج برنت هو من مثل خام غرب تكساس الوسـيط يعاني من انخفاض الإنتاج أيضاً، لكنه يظل المعيار الرئيس للنفوط الخام الأخرى في أوروبا أو إفريقيا، وعلى سبيل المثال فإنه غالباً ما يتم تسعير أسـعار النفوط الخام الأخرى في هاتين القارتين على أنها تفاضل عن خام برنت (أي برنت ناقص 0.50 دولار)، ويتم تسعير مزيج برنت بعامة بنحو 4 دولارات للبرميل أعلى من سـعر سـلة أوبك أو بخصم 1 دولار إلى 2 دولار للبرميل من خام غرب تكسـاس الوسيط، على الرغم من أن علاقات التسعير يمكن أن تختلف اختلافاً كبيراً على أساس يومي.

يُوصف نفط خام غرب تكسـاس الوسـيط WTI بأنه المعيار القياسي لأسـعار النفط في الولايات المتحدة على أساس الكبريت الخفيف والمنخفض (0.24% بالوزن)، وأنه يبقى المعيار القياسي لأسعار النفط في الولايات المتحدة على الرغـم من حقيقـة أن إنتاج هذا الخام كان قد انخفـض خلال العقدين الماضيين(1990-2010).

إن نفط خام غرب تكساس الوسيط ذو جودة عالية وممتازة لتكرير جزء أكبر من البنزين، وتبلغ كثافته النوعية 39.6 درجة بحسبAPI ، مما يجعله نفطاً

خاماً خفيفاً ويحتوي فحسب على نحو 0.24% من الكبريت، مما يجعله نفطاً خاماً حلواً، إن هذا المزيج من الخصائص جنباً إلى جنب مع موقعه يجعله نفطاً خاماً مثالياً ليتم تكريره في الولايات المتحدة - وهي أكبر دولة مستهلكة للبنزين في العالم. يتم تكرير معظم النفط الخام من غرب تكساس الوسيط في منطقة الغرب الأوسط بالولايات المتحدة، مع تكرير بعضه أكثر في منطقة ساحل الخليج، وعلى الرغم من أن إنتاج خام غرب تكساس الوسيط آخذ في الانخفاض، إلا أنه لا يزال هو المعيار الرئيس للنفط الخام في الأمريكيتين، ويتم تسعير خام غرب تكساس الوسيط بنحو 5 إلى 6 دولارات للبرميل أعلى من سعر سلة أوبك ونحو 1 دولار إلى 2 دولار للبرميل مقابل برنت، وعلى الرغم من أن علاقات التسعير بين هذه النفط الخام يمكن أن تختلف بشكل كبير على أساس يومي.

يُعد نفط خام دبي معياراً لخامات الخليج العربي وهو نفط خام خفيف لكنه مع ذلك هو نفط حامضي، إن مزيج سلة أوبك للنفط الخام هو معيار أوبك وهو متوسط مرجح لأسعار النفط التي يتم جمعها من مختلف البلدان المنتجة للنفط، ويتم تحديد هذا المتوسط وفقاً للإنتاج والصادرات لكل دولة وتستخدمه منظمة أوبك كنقطة مرجعية لمراقبة أوضاع سوق النفط العالمية، وأنه اعتباراً من 15 يونيو 2005 كان قد تم تغيير السلة لتمثل النفط المنتج من قبل أعضاء أوبك وهي مكونة من 13 نوعاً مختلفاً من النفوط الإقليمية، وهي: مزيج الصحراء الجزائريSaharan ، وجيراسول Girassol الأنغولي ، وأورينت Oriente الإكوادوري ، وميناس Minas الإندونيسي، والإيراني الثقيل Iran Heavy ، البصرة الخفيف Basra Light من العراق ، صادرات الكويت Kuwait Export الكويتي ، والسدرEs Sider الليبي ، وبوني لايت Bonny Light النيجيري ، وقطر البحري Qatar Marine القطري، والخام السعودي العربي الخفيف Arab Light ، وخام مربان Murban من الإمارات العربية المتحدة ، والنفط الخام الفنزويلي BCF 17.

كما ذكرنا سـابقاً فإنه نظراً لأن خام غرب تكساس الوسيط هو خام جد خفيف وحلو فهو أغلى من مزيج سـلة أوبك كمـا أن برنت أخف وزناً وأحلى وأغلى ثمناً من سـلة أوبك وإن كان أقل من خام غرب تكساس الوسيط، ومنذ إدخال نظام النفط الخام في منتصف الثمانينيات كان هناك قبول عام للصناعة بأن التجارة الفورية في هذه البراميل تعمل كمقياس لمسـتوى السوق الكلي. يتم تسعير درجات مختلفة من النفط على فروق قابلة للتداول حسب درجة العلامة، وان الأسـاس المنطقي هو أن السعر الفوري في أي سوق يمثل نقطة التوازن بين العـرض والطلب، على الرغم من أن أحجام النفط الـتي يتم تداولها يومياً على أساس عقد محدد المدة بين الشركات أو الحكومات أكبر بكثير من تلك التي يتم تداولها على أساس فوري، ويتم تحديد السعر بالهامش في السوق الفورية.

تركز اكتشاف الأسعار في سـوق النفط على مدار العشرين عاماً الماضية حول ثلاثـة معايير إقليمية رئيسـة للنفط الخام، وهي معروفة أيضاً بإسـم الخامات السبعة الموسومة بعلامة وهي: خام غرب تكساس الوسيطWTI من الولايات المتحدة ، ومزيج Brent من المملكة المتحدة بحر الشمال ودبي Dubai أو خام فاتح Fateh من الامارات العربية المتحدة.

يتـم تحديد القيمة النسـبية للنفوط الخام المختلفـة من خلال عاملين رئيسيين هما الموقع والنوعية، وفي حالة نفط خام برنت ونفط غرب تكساس الوسـيط فإن الخام المنتج يكون خفيفاً وحلواً، ويتم إنتاج كلا الدرجتين في مراكز استهلاك النفط وتكريره الرئيسة أو بالقرب منها، وأن الميزة المزدوجة للجودة والموقع تعـني أن من مثل هذا النفط الخام يمكن أن يطلب سـعراً مرتفعاً نسبياً.

يستخدم نفط خام غرب تكساس الوسيط WTI على نطاق واسع في تسعير الخام المحلي للولايات المتحدة وكذلـك واردات النفط إلى الولايات المتحدة، وأصبح نفط خام برنت هو المعيار الدولي الفعلي للنفط، ويرجع ذلك جزئياً إلى موقعه وجزئياً لأنه نفط عالي الجودة يمكن استخدامه من قبل مجموعة واسعة

من المصافي. تُستخدم القيمة المادية للنفط الخام من بحر الشمال على نطاق واسع في قياس الجزء الأكبر من النفط من بحر الشمال وغرب وشمال إفريقيا وروسيا وآسيا الوسطى، فضلاً عن كميات كبيرة من الشرق الأوسط متجهة إلى الأسواق الغربية، وفي الوقت نفسه فإن خام دبي هو عبارة عن نفط خام متوسط إلى ثقيل ومنخفض الكبريت وهو نموذجي للدرجات المنتجة في الخليج العربي ولكنه بعيد عن المراكز المستهلكة، ونتيجة لذلك فإنه يميل إلى البيع بسعر أقل من خام برنت وخام غرب تكساس الوسيط.

انخفض مستوى إنتاج كل من أنواع الخامات في السنوات الأخيرة وفي حالة دبي فقد انهار الخام بشكل كبير، وفي الوقت نفسه فقد نمت نسب الخامات الثقيلة والأكثر تعكراً التي تتغير في السوق بالنسبة إلى الإنتاج الخفيف والحلو (Swain, 1991,1993,1998,2000)، وفي الواقع فإن أكثر من نصف النفط المنتج في العالم هو نفط ثقيل وذو نوعية حامضية وأنه من المتوقع أن تزداد هذه النسبة (الفصل الثاني).

ازدادت أهمية خامات الشرق الأوسط المتمثلة في الأحجام الحمضية الثقيلة التي تتدفق عبر مضيق هرمز كمصدر إمداد للأسواق في كل من الشرق والغرب، وكان الدور المهيمن للمملكة العربية السعودية وهي أكبر مصدر للنفط في العالم عاملاً في هذا، إذ أن المملكة لديها القدرة الاحتياطية الوحيدة المتاحة على الفور بين البلدان الأعضاء في أوبك، وفي غضون ذلك فقد برزت روسيا كمورد رئيس للأسواق الغربية بعد فترة من التراجع في أوائل التسعينيات، لكن معظم النفط المُصدّر من روسيا ثقيل نسبياً وهو ذو نوعية حامضية.

وفي الواقع فإن الخام القياسي الروسي المعروف بإسم مزيج الصادرات الروسية يعد مزيجاً من عدة درجات خام تستخدم محلياً أو يتم إرسالها للتصدير، وأن مزيج التصدير هو نفط خام متوسط الحموضة مع درجة كثافة تقارب 32 API ومحتوى كبريت بنحو 1.2% من الوزن.

في حـــين أن المعروض النفطي العالمي كان قد أصبح في العادة ذو نوعية أقل جـــودة (Swain, 1991,1993,1998,2000)، ومع وجود نفط خام ثقيل وعالي المحتوى الكبريتي في المزيج، فإن الطلب على المنتجات كان قد انحرف في الاتجاه الآخر ونما الطلب على المنتجات الخفيفة بسرعة أكبر، ومن ناحية أخرى فقد انخفض الطلب على الوقود المتبقي من المرافق بشـــكل رئيس بسبب الاستعاضة عنه بالغاز، وفي الوقت نفســـه أصبحت المتطلبات النوعية للمنتجات الخفيفة أكثر صرامة، وتم التشديد على مستويات الكبريت في وقود النقل بلا هوادة - وهو اتجاه تسارعي منذ عام 2000 عندما تم حظر الوقود المحتوي على الرصاص في داخـــل بلدان الاتحاد الأوروبي. فضلاً عن ذلـــك فإن المحتوى الكبريتي في البنزين والديزل الآن أقل من 50 جزء في المليون في أوروبا والولايات المتحدة، ويتم تطبيق قواعد مماثلة في العديد من البلدان الآسيوية الصناعية ويسير جزء كبير من العالم النامي في الاتجاه نفسه وإن كان بمعدل أبطأ بكثير.

سيســـتمر هذا التفاوت بين النفط الخام وجودة المُنتج في الاتساع، وذلك على الرغم من أن معظم خـــبراء الاقتصاد البترولي يتفقون على أن الإنتاج من بحر الشـــمال وفي داخل الولايات المتحدة آخذ بالانخفاض بالنسبة للطلب في الســـنوات المقبلة، مع الأخذ في الاعتبار أن كل من أوروبا وأمريكا الشمالية أكثر اعتماداً على النفط المســـتورد، ومن المرجح أن يتـــم إمداد هذه الواردات بشكل متزايد من المناطق ذات الاحتياطيات الأكبر من مثل البلدان التي تتركز في الخليج العربي، وهي ذات جودة عالية بشكل أساس وأنه عادة ما تنتج البلدان الأخرى التي لديها احتياطيات كبيرة من مثل فنزويلا وروســـيا خامات ثقيلة أكثر تعقيداً.

نظراً لأن العالم أصبح أكثر اعتماداً على تدفقات الكبريت الأثقل والأعلى، فإن النفط الخام الحامض يكتســـب تدريجياً أهمية أكبر في عملية اكتشاف الأسعار، وهناك مشكلة أخرى هي انخفاض إنتاج النفط الخام القياسي، وهكذا فقـــد ظهر خام الأورال Urals في أوروبا ومزيج النفط الخام Mars في الولايات المتحدة كمعايـــير بديلة لنظرائهما الحلوة من مثـــل برنت Brent ونفط خام

غرب تكساس الوسيط WTI ، وأن هذا التغيير في التركيز كان قد شجع التقلب الشديد (الذي شوهد في الأشهر الأخيرة من عامي 2011- 2012) بين النفط الخام الخفيف الحلو والثقيل الحامض الذي يمكن أن يكون مشكلة للغاية لتحديد أسعار البيع الرسمية الشهرية.

باختصار فإن النفط الخام القياسي benchmark (أو النفط الخام المحدد marker) هو نفط خام أو مزيج خام يتم تداوله بحرية في سوق النقد والعقود الآجلة المختارة وفقاً لقواعد محددة، ويتم تداول خام WTI في بورصة نيويورك التجارية في نيويورك فحسب، ويتم تداول نفط خام برنت Brent فحسب في بورصة البترول الدولية، بينما يتم تداول النفط الخام من دبي Dubai وعُمان Oman في سنغافورة.

لكن مع ذلك فإن الكثير من تجارة النفط الخام العالمية لا تشمل النفط الخام القياسي. وأن الغرض من التداول في المؤشر هو تقريباً الحماية النقدية لمستخدمي صناعة الطاقة للنفوط الخام الأخرى ضد تحركات الأسعار المستقبلية التي قد تضر بمراكز أرباحهم. وبهذا المعنى ، فإن شراء الخام القياسي هو شكل من أشكال الحماية على المخزون المملوك أو المخزون الموعود من النفط الخام.

ولكن في حين أن أكبر خامين معياريين هما Brent و WTI هما خفيفان وحُلوان ، فإن معظم تجارة الخام العالمية تتم في النفط الخام الثقيل الكبريتي، وفي أحسن الأحوال فإن المعايير الحالية توافر البعض من الحماية لحركة الأسعار المعاكسة، ولكن تم إنشاء مزيج النفط الخام بين دبي وعمان كمعيار للشرق الأوسط لتقدير سعر السوق للنفط الخام الثقيل والحامض بشكل أفضل.

4-4: References

- Aluko, ME. Shell, Nigeria and Oil & Gas Reserves Revision – Sloppiness or Fraud? http://www.nigerdeltacongress.com/sarticles/shell_nigeria_and_oil gas_reser.htm

- ASTM D97. 2008. Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products. Annual Book of Standards. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pennsylvania. Volume 05.03.

- ASTM D4175. 2008. Standard Terminology Relating to Petroleum, Petroleum Products, and Lubricants. Annual Book of Standards.

- American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Pennsylvania. Volume 05.03.

- BP 2008. BP Statistical Review of World Energy, www. bp.com/statisticalreview.

- Campbell, C.J. and Laherrère, J.H. 1998. The End of Cheap Oil. Scientific American. 278: 78-83.

- Speight, J.G. 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum, 4th Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

- Swain, E.J. 1991. Oil & Gas Journal. 89(36): 59.

- Swain, E. J. 1993. Oil & Gas Journal. 91(9): 62.

- Swain, E.J. 1998. Oil & Gas Journal. 96(40): 43.

- Swain, E.J. 2000. Oil & Gas Journal. March 13.

- US Congress. 1976. Public Law FEA-76-4. United States Congress, Washington, DC.

الفصل الخامس

الثقافة البترولية

يُعد تعريف النفط الخام تعريفاً مُحيراً ومتغيراً (الفصل 1) فقد أصبح مربكاً حتى من خلال إدخال مصطلحات أخرى تضيف القليل إن وجدت إلى تعريفات البترول ومصطلحاته (Speight, 2007; Zittel and Schindler, 2007)، فعلى سبيل المثال كان قد تمت الإشارة مؤخراً إلى وجود مخططات تصنيف مختلفة: تستند إلى معايير اقتصادية و / أو جيولوجية (Speight,2007). إن التعريف الاقتصادي للنفط التقليدي هو «النفط الذي يمكن إنتاجه بالتكنولوجيا الحالية في ظل الظروف الاقتصادية الحالية»، وتكمن مشكلة هذا التعريف في أنه ليس دقيقاً للغاية ويتغير كلما تغيرت الجوانب الاقتصادية أو التكنولوجية لاستخراج النفط، وبالإضافة إلى ذلك فإن هناك تصنيفات أخرى تعتمد على الكثافة بحسب معهد البترول الامريكي API من مثل «النفط التقليدي وهو النفط الخام الذي له لزوجة أعلى من 17 درجة API»، لكن مع ذلك فإن هذه التعريفات لا تغير التعريف المذكور في مكان آخر (الفصل 1) المستخدم من خلال هذا الكتاب.

أياً كان التعريف، فإن البترول هو مورد محدود وعلى مدى العقود الخمسة الماضية ومنذ الافتراضات الأولى لنضوب الموارد (Hubbert,1962) كان العديد من العلماء والمهندسين قد حذروا من نضوبه المستمر مما يؤدي إلى استنفاد الموارد المتاحة. يُفترض بدرجة معينة من التبرير أن استخراج النفط مثله من مثل الموارد الأخرى غير المتجددة، سيتبع منحنى مكافئ (على شكل جرس) بمرور الزمن وأن المجهول الوحيد هو خصائص المنحدر على جانب النضوب من المنحنى.

لا يختلف النفط الخام عن العديد من الموارد الطبيعية الأخرى بقدر ما يرتفع الإنتاج بسرعة في البداية ثم يتباطأ تدريجياً حتى يتم استنفاد نصف

العــرض الأصلي تقريباً، وعند هذه النقطة فإنــه يتم الوصول إلى ذروة الإنتاج المستدام ويبدأ الإنتاج في انخفاض لا رجعة فيه حتى يصبح استخلاص المواد المتبقية في الأرض مكلفاً للغاية، ووفقاً لافتراض هوبرت فإن العديد من العلماء والمهندسين يعتقد أنه تم الوصول إلى نقطة منتصف الطريق في استنفاد الميراث البترولي العالمي الأصلي وأن الاســتنفاد الشــديد للمورد قد بدأ بالفعل، ومن ناحية أخرى فإن هناك ادعاءات متعارضة تفيد بأن ذروة إنتاج النفط لا تزال على بعــد عام أو ربما عقود، وأن العالم لم يصــل بعد إلى جانب النضوب من منحنى الجرس.

ومــع ذلك فإنه من المؤكد أن احتياطيــات النفط الخام آخذة في النضوب وتباطؤ اكتشاف حقول جديدة، وفي الواقع فإن العديد من العلماء والمهندسين يعتقدون أن مكامن نفط عملاقة جديدة تنتظر من يكتشــفها، بينما الرأي المعارض القائل بعدم وجود مكامن نفط عملاقة جديدة يحمل على الأقل الوزن نفســه، وإذا كان هذا الرأي الأخير هو الحال حيــث يغوص العالم في غياهب نســيان النفط الخام، فإن الأمر يستحق النظر في ظاهرة الثقافة البترولية لما لها من تأثير كبير في اقتصاديات البترول.

جزئياً فقد إنهار العديد من الثقافات القديمة بســبب عدم قدرتها على الحفاظ على موارد مهمة ســمحت للمجتمع بالازدهــار(Tainter,1988) ، وفي الواقع ركز تطور العالم الحديث وأصبح معتمداً بشــكل كبير على استخلاص النفط واستخدامه، وفي الآونة الأخيرة أخذ هذا منعطفاً خطيراً لأن عدداً من الاكتشافات النفطية الجديدة الواعدة تبين أنها مخيبة للآمال للغاية من حيث كمية الموارد الموجودة في هذه الحقول((Cooper and Pope, 1998.

تشــمل اقتصاديات الثقافة القائمة على البترول موارد الطاقة وسلع الطاقة بما في ذلك:

1 - يفرض تحفيز الشركات والمســتهلكين على توريــد مصادر الطاقة وتحويلها ونقلها واستخدامها والتخلص من المخلفات.

2 - هيكل السوق والهياكل التنظيمية.

3 - النتائج التوزيعية والبيئية والاستخدام الفعال اقتصادياً.

يجب أن تدرك من مثل هذه الثقافة: (1) إن الطاقة لا يتم إنشاؤها أو تدميرها ولكن يمكن تحويلها بين الأشكال، و (2) تأتي الطاقة من البيئة المادية وتعود إليها في النهاية، وبالإضافة إلى ذلك فإن الطلب على الطاقة في من مثل هذه الثقافة يُشتق من تفضيلات المنتجات البترولية التي تعتمد على خصائص تقنيات التحويل فضلاً عن تكلفة التقنيات، وأن الموارد البترولية هي موارد قابلة للنضوب أو متجددة وقابلة للتخزين أو غير قابلة للتخزين، وأن النفط الخام هو مورد قابل للنضوب وقد توجه قوى السوق التحول إلى الموارد المتجددة.

كان العرض والطلب العالمي على النفط الخام اعتباراً من نهاية عام 2008 في حال توازن ضيق، مما أدى إلى الزيادات السريعة في أسعار النفط الخام وتقلب الأسعار بين عامي 2007 و 2008، ونظراً لأن خام غرب تكساس الوسيط القياسي كان قد تجاوز حاجز 145 دولاراً للبرميل في منتصف في عام 2008 فقد بدأ العالم يشهد اعتدالاً في نمو الطلب بسبب ارتفاع الأسعار. انخفض الطلب على النفط الخام في الواقع في الولايات المتحدة وأوروبا الغربية وجنوب شرق آسيا، بينما تراجع نمو الطلب في البلدان ذات النمو الاقتصادي السريع من مثل البرازيل وروسيا والهند والصين، وتم خفض نمو الطلب العالمي على النفط الخام بنسبة 2% سنوياً الذي تميزت به الفترة 2000-2006 خلال نصف عامين تقريباً بسبب الآثار التراكمية لارتفاع أسعار البترول وانخفاض الناتج المحلي الإجمالي العالمي والإلزام بإنتاج واستخدام الوقود الحيوي، ومن الواضح أن الادعاءات القائلة بأن أسعار النفط المرتفعة كانت مدفوعة بمضاربة سوق العقود الآجلة (المشاركون في البراميل الورقية)، والربح من قبل شركات النفط، ووقف الإمداد من قبل أوبك كانت غائبة بشكل واضح عن هذا التقييم الحكومي، وخلال الفترة من 2007 إلى 2008 ساهمت المخاوف الجيوسياسية بشأن البعض من موردي النفط الرئيسيين (نيجيريا والعراق وفنزويلا) في تقلب أسعار النفط.

على المـــدى الطويل فإنه من المتوقع أن يـــزداد الطلب العالمي الأولي على الطاقة بنســـبة 50-60% بحلول عام 2030 مدفوعاً بشكل أساس بالنمو السكاني والرغبة في تحســـين مستويات المعيشة، ومن غير المرجح أن يلبي النفط والغاز التقليديان وحدهما نمو الطلب في تقريره الأســـاسي لعـــام 2007، وقد تمت الدعوة إلى تطويـــر مصادر طاقة تكميلية من مثـــل الفحم النظيف والوقود الحيوي والطاقة المتجددة البديلـــة والنووية والوقود الأحفوري غير التقليدي (الفصـــل 9)، وهكذا فإنه في أوائل عام 2009 كانـــت حالة توقعات إمدادات النفط تغطي مجموعة واســـعة من الآراء وأنه من المهم تقييم البدائل الرئيسة (Speight,2007,2008).

ومع ذلك قد تكون المشكلة الأكبر هي أن عدداً متزايداً من السياسيين وصناع القرار في الشركة يشـــعرون أن التكنولوجيا ســـتحل هذه المشكلة كما فعلت من قبل وســـتقوم بذلك مرة أخرى، وقد يكون هذا الخط من التفكير يغازل الكارثة.

5-1: الثقافة البترولية

لعب إنتاج الطاقة من مصادر مختلفة دوراً رئيساً في تاريخ الثقافة البشرية (Henry, 1873; Forbes, 1958a, 1958b, 1959,1964; Hoiberg, 1964)، ولقد زادت هذه التطورات من راحة البشر وطول أعمارهم وثراءهم، وفي القرن العشرين أصبح البترول مصدر الطاقة الهيدروكربوني السائد ولعب دوراً رئيســـاً في تقدم الثقافة البشرية منذ ذلك الحين (Munasinghe,2002)، وهناك علاقة مستمرة بين الطاقة والنشـــاط الاقتصادي لمعظم الاقتصادات الصناعية والنامية (Sadorsky, 1999; Hall et al, 2001; Tharakan et al, 2001; Smulders and de Nooij, 2003; Speight and Cockburn, 2008).

5-2: النفط في المنظور

5-2-1 : التاريخ

كان استخدام البترول ومشـــتقاته معروفاً منذ آلاف السنين (Cobb and Goldwhite ، 1995)، لكن مع ذلك فإن الثقافة البترولية (أو العصر البترولي بالقياس إلى العصر الحجري ، والعصر البرونزي ، والعصر الحديدي) بدأت في

تيتوسفيلTitusville، بنسلفانيا Pennsylvania في 27 أغسطس من عام 1859 عندما ضرب «العقيد» إدوين إل دريك Edwin L. Drake ، وهو أول wildcatter قام بتحويل الجزء الشمالي الغربي من الولاية إلى مدينة اقتصادية مزدهرة.

باختصار وعلى سبيل التوضيح فإن مصطلح wildcatter هو الشخص الذي يقوم بالبحث عن النفـــط ويحفر الآبار في مناطق غـــير معروفة بأنها حقول نفطية، ولقد نشأ المصطلح بين الحفارين في غرب تكساس الذين سيطهرون الحقـــول المحتملة للحياة البرية، بما في ذلك القطط الضالة دائماً، وبعامة كان المنقبـــون يعلقون جلود القطط الميتة في حفـــر الحفر النهائية التي من خلالها أخذت هـــذه الآبار الاستكشـــافية (wildcat wells) وبعد ذلك أولئك الذين نقبوا عنها في نهاية المطاف أخذوا اسمهم منها.

كان الكولونيـــل دريك مدفـــوعاً بجهود جورج بيســـيل George Bissell المحامي ووسيط الاســـتثمار في وول ســـتريت Wall Street لاستخراج النفط الصخري (البترول) من الأرض ليكـــون بمثابة منور ليحل محل زيت الحوت الذي أصبح من الصعب الحصول عليه أكثر فأكثر (Henry, 1873)، ولقد طور بنيامين ســـيليمان Benjamin Silliman عملية تكرير النفط إلى سائل قابل للاشتعال وقابل للاســـتخدام، وأصبح منتج زيت الإضاءة النهائي يُعرف باسم الكيروسين kerosene.

اســـتغل جون دي روكفلر John D. Rockefeller الاكتشاف أو البترول في عام 1865 وأســـس شركة ستاندرد أويل Standard Oil على أساس أنها شركة تكرير ناشـــئة في كليفلانـــد Cleveland بولاية أوهايـــوOhio، ولقد تم بناء خطوط الأنابيب لتجاوز التكلفة العالية لتســـليم البراميل الخشبية (براميل الويســـكي ســـابقاً) وفي النهاية ربطت خطوط الأنابيب هذه حقول بنسلفانيا بخطوط الســـكك الحديدية التي أرســـلت النفط والكيروسين إلى الأسواق في شـــمال شرق الولايات المتحدة الصناعية، وخلال هذا الوقت اشترى روكفلر Rockefeller ودمج قطاعي التوريد والتوزيع تحت شعار شركة واحدة، مما جعل ستاندرد أويل شركة فعالة ومستدامة.

بدأت روسـيا أيضاً في عام 1873 بتطوير صناعـة بترولية حديثة في باكو Baku (منطقـة القوقاز)، وتم إنتاج النفط من هـذه المنطقة لعدة مئات من السنين - ربما حتى آلاف السـنين - ولكن لم تكن هناك صناعة منتظمة حتى عام 1873، وفي ذلك الوقت قامت عائلة نوبل Nobel المشهورة بمنح جائزة نوبـل بشراء مصفاة بدائية وبدأت في زيادة إنتاج النفط وكذلك في توزيعه مع أول سفينة ناقلة فعالة.

قـام ماركوس صموئيل Marcus Samuel وهـو ابن تاجر صدف في لندن بعد بضع سنوات بتأسيس نشاط تجاري واسـع مع اتصالات الشرق الأقصى لشـحن الكيروسـين إلى بقية العالم، وجمع قواه للانضمام إلى عائلة روتشيلد Rothschild، وفي عام 1891 كان يشـحن الزيت المضيء مـن القوقاز عبر قناة السويس إلى هونج كونج وجزر الهند الشرقية الهولندية، وفي الوقت نفسه كانت رويال دوتش أويل Royal Dutch Oil تستغل نفط الشرق الأقصى، وفي النهاية اندمجت Samuel's Shell Oil وعائلة روتشـيلد في شراكة ليصبحوا معروفين بإسم رويال دوتش شيل Royal Dutch Shell.

أدى إنتاج هنري فـورد Henry Ford للسـيارات في عام 1896 إلى زيادة الطلب على الوقود السـائل لتشـغيل المركبات، ولتلبية هذا الطلب فقد أدى التنقيب عن النفط إلى اكتشاف حقل سـبيندلتوب Spindletop في بومونت Beaumont - ولاية تكسـاس Texas في عام 1900 تلاه اكتشـافات حقول أخـرى للنفط في كاليفورنيا California وأوكلاهوماOklahoma . سـهّل ذلك ولادة المزيد من شركات النفط التي تحمل أسماء من مثل صن Sun وتكساكو Texaco وجولف Gulf، ولسـوء الحظ فإنه كما حدث في ولاية بنسلفانيا فقد أدى الإنتاج المفرط في تكسـاس الناتج عن سوء إدارة المكامن إلى انخفاض الأسعار بسرعة كبيرة وتضاءلت مصالح الربح في البترول بشكل ملحوظ.

ومع ذلك فإن هذا الأمر لـم يقضِ على الحاجة إلى النفط الخام على الرغم من أن الصناعة النفطية عانت من نكسـات في التطـور المبكر في مختلف المجـالات، إلا أن هذه الصناعة كانت مرنة وتوسـعت بشـكل هائل مع نمو

الطلب على المنتجات البترولية، ونمت الحاجة إلى الكيروسين حتى النضج كوقود وأصبحت هذه المنتجات متاحة وبسهولة (Davis, 2003). إن العامل الحاسم في كثير من الأحيان لتوسيع صناعة البترول هو تطوير السيارات، لكن مع ذلك فإن هذا التطور وبالإضافة إلى الحاجة إلى الوقود للمركبات العسكرية (بما في ذلك الطائرات) ، فقد أكد مستقبل صناعة البترول، ونتيجة لذلك فقد بدأت قوة احتياطيات النفط في الظهور.

قامت نقابة الامتياز في عام 1906 بتغطية الحقول الشمالية ونقل العملية جنوباً حيث كان الوصول أسهل وأفضل احتمالات، وعندما تم خلع الشاه وتولى برلمان جديد قرر البريطانيون والروس تقسيم بلاد فارس. نتيجة لهذا التقسيم سيغطي الروس الشمال وسيغطي البريطانيون الجنوب، وقد بدأ النفط بالتدفق في عام 1912 عن طريق خط أنابيب بطول 138 ميلاً إلى مصفاة في عبادان على الممر المائي لشط العرب الذي أصبح في النهاية الحدود بين إيران والعراق.

ومن أجل حرمان البحرية الألمانية المتزايدة باستمرار من الوصول إلى هذا النفط، ستشتري الحكومة البريطانية 51% من اهتمام مصفاة عبادان Abadan ، بالإضافة إلى ذلك فقد مُنح الأسطول البريطاني عقداً لمدة 20 عاماً لزيت الوقود، ولقد حدثت أول عملية استحواذ على شركة شبه مؤممة.

اندلعت الحرب العالمية الأولى في عام 1914 ومنذ البداية كانت حرباً خاضتها آلات أرضية وطائرات تعمل بالمنتجات البترولية، أدى ذلك إلى زيادة الطلب على النفط الخام ونقل الحرب إلى مناطق أخرى غير الجبهة الغربية. كان الطلب على النفط كبيراً لدرجة أن البلدان التي ليس لديها مصلحة في الحرب أصبحت متورطة في الصراع، إذ تم النضال بشأن الحق في النفط بعنف لا يوصف دون نسيان المناورة السياسية الواضحة (Yergin, 1991)، وفي الولايات المتحدة كان الطلب على السيارات جارياً (Setright, 2004)، وكان التأثير في الطلب على البنزين ملحوظاً مما أدى إلى القلق بشأن استنفاد العرض المحلي للبترول، ونتيجة لذلك فقد تم إرسال بعثة جيولوجية إلى العراق لتحديد ما إذا

كان هناك نفط بالفعل، وقد بدأ الحفر في بابا كركر Baba Gurgar بالقرب من كركوك، وفي غضون ستة أشهر عثر المنقبون على النفط.

وفي ذلــك الوقت كان يُنظر إلى النفط على أنه مورد غني حقاً، وبين الحرب العالمية الأولى والحرب العالمية الثانيــة انتشرت أفكار التأميم، وفي الواقع فقد اســتولى شــاه بلاد فارس على أصول شركة النفط الأنجلو-فارســية Anglo-Persian في نوفمبر من عام 1932، مما دفعه إلى البحث عن نسبة أكبر من الثروة من النفط، ولقد أدى ذلك إلى اتفاقية جديدة تضمن لبلاد فارس ملكية ثابتة وذلك بغض النظر عن سعر السوق للنفط.

أثر كساد ثلاثينات القرن العشرين في العديد من البلدان ومنها العربية الســعودية ، ومن ثم فإن ملك المملكة العربية الســعودية التي تأسست على توحيــد مختلف المناطق القبلية رأى أيضاً أن الثروة المحتملة تكمن في كونها صناعة نفطية. وفي أثناء البحــث عن مصدر مياه قابل للتطبيق فقد لوحظت عدة مواقع نفطية واعدة، وبعد اكتشــاف النفــط في البحرين قرر الملك أنه سيكون من مصلحة بلاده تطوير أية حقول نفطية يمكن تحديدها.

شــهد أمير الكويت الشــيخ أحمد في غضون ذلك الأحداث في البحرين والمملكة العربية السعودية كما قرر أن النفط سيكون جزءاً كبيراً من مستقبل بلاده، وفي تتابع سريع أُكتشــف النفط في الكويت في 28 فبراير من عام 1938، تلاه في مارس اكتشــافات في المملكة العربية الســعودية، وفي أبريل من عام 1939، افتتح الملك ابن سعود خط الأنابيب الذي يغذي المحطة في رأس تنورة وتدفق النفط إلى ناقلة سوكال Socal المنتظرة.

ولسوء الحظ فإنه لم يتم تنفيذ أفضل الخطط الموضوعة وتسببت الحرب العالمية الثانية في توقف جميع إنتاج النفط الخام تقريباً في الخليج العربي.

أذن الرئيس الأمريكي روزفلت Roosevelt في عام 1943بتقديم مساعدة الإقــراض إلى المملكة العربية الســعودية لربط الأمن القــومي الأمريكي بنفط الشرق الأوســط، وقد تم اتخــاذ مزيد من الإجــراءات للحصول على ملكية الاحتياطيــات الأجنبية من خلال الكيان الحكومي الذي تم إنشــاؤه

حديثاً والمعروف بإسم مؤسسة احتياطيات البترول Petroleum Reserves Corporation، لكن شركات النفط ردت بقوة على فكرة تأميم الشركات الأمريكية وتم التخلي عن الخطة.

قبل عام 1956 لم تكن مصر تمتلك ثروة نفطية، لكن كان لديها قناة السويس التي تدفقت من خلالها ثلثي إمدادات النفط الأوروبية، وفي عام 1954 أطيح بالملك فاروق وتولى الجنرال جمال عبد الناصر منصب الرئيس، ولقد واجه الجنرال ضائقة اقتصادية وطنية وقرر زيادة الإيرادات من رسوم العبور عبر القناة، تطلب ذلك منه السيطرة على القناة عن طريق تأميم شركة قناة السويس التي لم تكن مشروعاً مصرياً بل مشروعاً مشتركاً بين بريطانيا وفرنسا.

لطالما دافع الجنرال عبد الناصر عن استخدام النفط كسلاح اقتصادي لكنه فشل في حشد الدعم من العديد من البلدان العربية المنتجة للنفط، وبعد وفاة الرئيس عبد الناصر في عام 1970 تولى أنور السادات منصب الرئيس، وفي عام 1972 حاول حث البلدان العربية المنتجة للنفط على استخدام سلاح النفط، لكن الملك فيصل عارض ذلك. كان منطقه أن مصر كانت غير مستقرة سياسياً لسنوات عدة، وبينما كانت مصر تقترب من اتفاقيات التجارة والأسلحة مع روسيا كان من المتوقع أن لا تحتاج الولايات المتحدة (المرتبطة بالمملكة العربية السعودية باتفاقيات مماثلة) إلى النفط العربي حتى عام 1985، لذلك فإن سلاح النفط سيؤذي المملكة العربية السعودية فحسب.

كما اتضح أنه وبحلول عام 1973 (أكثر من عقد مما توقعه الملك فيصل) فقد أصبحوا معتمدين على نفط الشرق الأوسط بحلول عام 1973، مما وضع المملكة العربية السعودية بقوة في موقع السيطرة وقد فرضت حظراً نفطياً على البلدان التي دعمت إسرائيل في حربها مع العرب، ونتيجة لذلك فقد وقع سلاح النفط في مكانه واستخدم بتأثير كبير. واجه المستهلكون في الولايات المتحدة أخيراً الطبيعة الحقيقية لاعتمادهم على الطاقة، الأمر الذي عزز الحركة البيئية الناشئة. أخيراً ذاقت البلدان المُنتجة للنفط طعم القوة وكانت مُستعدة

لتدعيـــم موقعها، وكان التأثير في الولايات المتحدة هو أن التضخم أصبح جزءاً لا يتجزأ من الاقتصاد، وهو قائم إلى حد كبير على ارتفاع أسعار النفط الخام.

عـــززت البلدان المنتجة للنفط موقفها لكنها لم تحقق في هذا الوقت وضع الكارتـــل الكامل، وفي الواقع فإنها وبعد ذلـــك بوقت قصير كانت جميع البلدان المنتجة للنفط تنتج النفط بأقصى طاقتها باستثناء المملكة العربية السعودية.

فضلاً عن ذلك فإنه في عام 1974 اســـتحوذت المملكة العربية السعودية على 60% من أرامكو Aramco (إكســـون Exxon وموبيل Mobil وتكساكو Texaco، وشيفرونChevron)، وأخيراً فإنه في عام 1976 تم حل أرامكو وتولت الحكومة السعودية السيطرة على ما يقدر بـ 149 مليار برميل من الاحتياطيات النفطية، وقد ســـمح الترتيب الجديد للشركات بالحصول على 80% من الإنتاج مع تعويض 21 سنتاً للبرميل مقابل تشغيل خدمات الإنتاج.

كانت فترة ما بعد الحظر أفضل تمثيل لها في التدافع على النفط في كل مكان من قبل الجميع وبأي ثمن، وفي أثناء حدوث ذلك كان الاستكشـــاف والتطوير يستهدف البلدان الغربية إذ لم يكن التأميم مصدر قلق لهم.

وجـــدت شركة فيليبس بتروليوم النفط في بحر الشـــمال في عام 1969 مع شركـــة بريتش بتروليوم (الآن BP) كذلك وجدتـــه أيضاً في عام 1970 ، ولقد اكتشـــفت شركتا شل وإكســـون حقل برنتBrent الذي انضم إليهما في عام 1971، وبحلول عام 1975 فقد تدفق النفط مـــن خطوط الأنابيب البحرية إلى المصـــافي البريطانية. لكن مع ذلك فقد نظـــرت الحكومة البريطانية في تأميم الجزء الخاص بها من الحقل، وشـــكلت شركة النفط الوطنية البريطانية British National Oil Corporation المعروفـــة اختصاراً بـ BNOC التي كانت تمتلك حق امتياز الحكومة وحق شراء 51% من إنتاج بحر الشمال.

بحلول عقد الثمانينات من القرن الماضي كان النفط يعد ســـلعة وأصبح أحد الأصول الملموســـة التي تم تداولها من مثل أي ســـلعة أخرى حاله حال الذهب والمال، ومع زيادة الإنتاج المحلي في الولايات المتحدة فقد أنهت شركة إكسون Exxon مشروع Colony Oil Shale وقلصت أيضاً جهودها في التنقيب

عن النفط في عام 1982. بالإضافة إلى ذلك فقد أصبح الشحن أكثر كفاءة وعزز خط أنابيب ألاسكا الإنتاج الذي أسهم في فائض النفط بسبب الزيادة المعروض من البلدان غير الأعضاء في أوبك الذي تجاوز حجمه حتى حجم إنتاج النفط من أعضاء أوبك.

بحلول هذا الوقت ، كانت البلدان الأعضاء في أوبك قد غيرت الطريقة التي يتم بها تداول النفط في السوق وأصبحت أخيراً كارتلاً من حيث السعر والإنتاج، وباختصار فإن اقتصاد السوق للنفط جعل من النفط سلعة حقيقية، إذ انتقلت السوق من أوبك إلى بورصة نيويورك التجارية في عام 1983، وشمل ذلك سوق العقود الآجلة النفط كسلعة مضاربة، ومع هذا التحول فقد انتقلت شركات النفط من الإنتاج إلى المضاربة في السوق المفتوحة. لكن اللحظة المحورية كانت عندما انتقل الخام القياسي من النفط الخام العربي الخفيف إلى خام غرب تكساس الوسيط (WTI)، مما عكس الخطوة التي تمت قبل عقدين من الزمن عندما حل النفط الخام العربي الخفيف محل النفط الخام من ساحل خليج تكساس Texas Gulf Coast باعتباره النفط الخام القياسي.

وجدت البلدان الأعضاء في أوبك في عام 1984 أن نظام الحصص الذي أقامته هو نظام معيب، فلقد كان لدى معظم البلدان الأعضاء برامج ، إذا لم تكن بيعاً مباشراً للنفط ، فقد كان ذلك من خلال تجارة المقايضة بالمعدات العسكرية والسلع الصناعية وكان سوق النفط الخام في حالة زيادة العرض، وكان لدى أعضاء أوبك خيار خفض الأسعار أو الاستمرار في دعمها مع استمرار فقدان حصتها من السوق.

لكن مع ذلك فإنه في أثناء اجتماع حدث في خريف عام 1985 ، أعلن الأعضاء بشكل جماعي حرب أسعار، فبعد عودة المؤلف من العراق إذ التقى بالرئيس العراقي صدام حسين فقد حذر المؤلف من مثل هذا الحدث، لكن الفكرة رفضت بل تم وصفها بأنها مُضحِكة من قبل ما يسمى باقتصادي الطاقة لمؤسسة أكاديمية، لكن مع ذلك فقد حدث ذلك، لقد كان النفط سلاحاً اقتصادياً حقاً وكانت النتيجة حرباً اقتصادية.

نقلت نهاية الثمانينات من القرن الماضي حالة صناعة النفط، وقد تولت الدول الأعضــاء (أي المنتجون) إنتاج النفط الخام وتم تخفيض شركات النفط إلى رتبة متعاقدين. على الرغم من أن المستهلكين قاوموا وأخذوا قوتهم الشرائية للمنتجين حيث السعر مناسب، فإنه لم يتم الوصول إلى حال الاستقرار.

5-2-3 التاريخ الحديث

بــين عامي 1991 و 2003 كان هناك أحداث بارزة شــكلت صناعة النفط والاقتصادات الدولية، إذ وصل الارتفاع الحاد في الأســعار بعد حرب الخليج إلى مســتوى مرتفع، لكنه سرعان ما تقلص بعد أن أصدرت الولايات المتحدة عدد من احتياطيات البترول الســتراتيجية. تفكك الاتحاد السوفيتي السابق وبــدأت البلدان المنتجة للنفط في الجمهورية الســابقة في التودد إلى الســوق العالمية، مما أدى إلى مزيد من الانخفاض في أسعار النفط، لكن أعضاء أوبك رفعوا الأسعار بينما رفعوا الإنتاج إلى أعلى مستوى منذ عقود، وتحدت الكويت حصص أوبك لتمويل إعادة الإعمار فانخفضت الأسعار على الفور.

بلغت الأســعار ذروتها خلال الفترة من 1995 إلى 2000 ، وبدأ العرض في الانتفاخ عندما عاد العراق إلى السوق في إطار برنامج الغذاء مقابل النفط الذي أقرته الأمم المتحدة، مما أدى إلى انخفاض الأسعار، ولقد عدلت أوبك بمحاولة التوفيق بين الغش وزيادة الإنتاج، فانخفضت أســعار النفط إلى مستويات ما قبل الحظر بسبب الاستهلاك الآسيوي المتوقع الذي لم يتحقق أبداً بسبب أزمة النمور الاقتصادية التي حدثت هناك في عام 1997، ولقد أدت التخفيضات بين عامي 1999 و2000 من قبل أعضاء أوبك وزيادة الطلب بسبب الطقس البارد وإعادة إمداد المخزونات المنخفضة إلى ارتفاع في أسعار النفط.

ســاهم الركود في الولايــات المتحدة في انخفاض الأســعار في عام 2000، ودفعتهــم هجمــات الحادي عشر من ســبتمبر مــن عام 2001 إلى مزيد من الانخفاض، وفي عام 2002 ومع اضطراب فنزويلا فقد انخفضت الأسعار بشكل أكبر، مما تسبب في تخزين الشركات على الفور لأسباب موسمية ومالية، وبحلول شتاء عام 2003 فقد انتعشت الأسعار بســبب الطقس البارد وتجدد الحديث

عن الأعمال العدائية مع العراق، ولقد سجلت أرباح الشركات أعلى مستوياتها على الإطلاق، إذ تم بيع الأسهم استعداداً للحرب القادمة مع العراق.

قد يكون لعودة العراق كمنتج للنفط آثار عميقة في أسعار النفط العالمية، لكن آفاق العراق تواجه عوائق سياسية (Shafiq, 2009a, 2009b)، ولم يتم اكتشاف حقول نفط عملاقة وقد أجبرت جميع القضايا الاقتصادية السابقة صناعة البترول على تبسيط عملية التوزيع لتخفيف وطأة انقطاع الإمداد. لكن مع ذلك فإنه من المتوقع أن يزداد التوسع في الطلب العالمي على النفط الخام من 80 إلى 85 مليون برميل يومياً إلى ما يقرب من 120 مليون برميل يومياً بحلول عام 2020، لذلك فإن التعاون هو أمر حيوي لتجنب الاضطراب وما يترتب على ذلك من صعوبات اقتصادية، فضلاً عن ذلك فإن العالم لن يستطيع احلال مصدر بديل محل النفط الخام كمصدر أساسي للطاقة في أي وقت قريب، بغض النظر عن مقدار الطاقة المتوقع أن يأتي من مصادر بديلة.

باختصار إن هذا يستدعي مفهوم الجغرافيا السياسية أو سياسة النفط: الصديق اليوم يمكن أن يكون عدواً غداً.

3-5 الأخـوات السـبع

كان هناك إشارات متكررة في الماضي إلى مجموعة من شركات النفط يشار إليها بعامة بإسم الأخوات السبع seven sisters، وهي أتت من عبارة اشتهرت لأول مرة من قبل قطب النفط الإيطالي إنريكو ماتيEnrico Mattei وهي: Exxon (Esso) وShell وBP وGulf وTexaco و Mobil و (Socal) Chevron (Sampson, 1975). يمكن أن يُعزى صعود الأخوات السبع إلى الصدفة التي بدأت في عام 1904 عندما أبلغ رجل الأعمال الأرميني كالوست كولبنكيان Calouste Gulbenkian السلطان التركي عبد الحميد عن الإمكانات النفطية للمقاطعات التركية آنذاك. بعد أن أدرك السلطان أن النفط هو ملكية جديرة قام بنقل مساحات كبيرة إلى ملكه الشخصي، وفي عام 1914 تم تأسيس شركة نفط العراق نتيجة لاتفاقية بين الشركات البريطانية والهولندية. في عام 1928، تم تقسيم 95% من شركة نفط العراق بالتساوي بين الشركات البريطانية

(BP) ، والهولندية (Shell) ، والفرنسية (CFP ، و the Compagnie Française Pétrole)، ومجموعة أمريكية يُســيطر عليها روكيفلر (Exxon and Mobil)، بمقدار 95% وأن النسبة المتبقية 5% المتبقية ذهبت للسيد كولبنكيان.

اكتشــفت شركة النفط الأنجلو-فارسية Anglo-Persian التي تطورت في النهاية إلى شركة بريتيش بتروليوم BP النفط في إيران في عام 1908، وبعد ذلك بوقت قصير في عام 1911 استخدم ونســتون تشرشل Winston Churchill وهو اللورد الأول للأميرالية أموال الحكومة لشراء نصف الشركة نيابة عن القوات البحرية الملكية. قرر تشرشــل أيضاً أن الســفن الحربيــة البريطانية الجديدة ستغذي بالنفط بدلاً من الفحم، وكانت الإمدادات الإيرانية ذات قيمة كبيرة للبريطانيين في الحرب العالمية الأولى.

كانت الــشركات الأمريكية ، في ضوء حقول النفط الشاســعة التي يتم اكتشــافها في تكســاس وكاليفورنيا غير راغبة في الاستكشاف في الخارج، لكن مع ذلك فقد بدأت الحكومة الأمريكية في اســتخدام ضغوط سياسية واقتصاديــة كبيرة لمحاولة إجبــار الشركات الأمريكيــة على الانضمام إلى الاتحادات الــتي تهيمن عليها أوروبا في الشرق الأوســط. في العشرينات من القــرن الماضي ، ظهرت مجالات جديدة في الافــق وكانت هناك مخاوف جدية بشــأن الإمدادات الزائدة من النفط. وبحلول عام 1928 كانت هناك مفاوضات بين BP و Shell و Exxon أدت إلى اتفاقية أكناكري Achnacarry التي حددت مبادئ العمل لتجنب المنافسة في نهاية تسويق صناعة النفط، وكان على الاتفاقية استبعاد السوق المحلية الأمريكية بسبب - تشريع موثوق به (قانون مكافحة الاحتكار)، ولكــن نتيجة لاتفاقية أكناكاري فإنه بإمكان كل شركة كبيرة أن تشعر بأنها ستكون قادرة على التفاوض على حصة سوقية لنفطها دون التعرض لخطر انهيار الأســعار. وباختصار ، كان تفكك ستاندرد أويل في عام 1911 قد حذر بشــكل فعال من أي محاولات علنية للســيطرة على السوق الأمريكية الكبيرة ، لكن القيود نفسها لم تنطبق على بقية العالم.

بدأ عصر الاكتشافات النفطية في الشرق الأوسط بعد عام 1928، وذلك على الرغم من أن إنتاج الشرق الأوسط ظل منخفضاً، وفي 1 يونيو 1932 ، اكتشفت شركة سوكال SoCal(*) (الآن تعرف بإسم Chevron) النفط في البحرين، وكان الاكتشاف الأول في شبه الجزيرة العربية، وفي عام 1933 مددت شركة بريتيش بتروليوم عقد إيجارها الإيراني لمدة 60 عاماً أخرى وانضمت شركة Gulf إلى شركة بريتيش بتروليوم لاستكشاف امتياز كويتي في عام 1934. أما في عام 1938 فقد اكتشفت شركة Gulf وشركة بريتيش بتروليوم النفط في ما كان سيصبح حقل برقان في الكويت، ووجدت شيفرون النفط في المملكة العربية السعودية التي تم تسويقه من خلال شبكة مبيعات تكساكو Texaco العالمية تحت اسم Caltex، بينما أصبح الجزء السعودي من الشراكة يُعرف بإسم (شركة النفط العربية الأمريكيةArabian American Oil Company).

اكتشفت مجموعة wildcatter مستقلة حقل شرق تكساس العملاق في 3 تشرين الأول (أكتوبر) من عام 1930، وبدأ المزيد من النفط الخام في التدفق إلى السوق المحلية الأمريكية في عام 1931. وبدأت شركات النفط في شراء عقود إيجار في الحقول الجديدة، لكن كمية النفط كانت أيضاً عظيمة ليتم امتصاصها بسهولة ، وسرعان ما كانت حقول شرق تكساس تنتج مليون برميل في اليوم، أي ثلث إجمالي إنتاج الولايات المتحدة.

كانت شركات النفط الكبرى تسيطر على تكرير النفط الخام وتسويق المنتجات من خلال نظام كان يخضع بالفعل لرقابة مشددة، وفي الواقع فإنه يمكن للشركات أن تحدد ما ستدفعه مقابل النفط الخام من الحقول الجديدة، ومع بدء تدفق النفط الجديد كان هذا السعر نحو 0.70 دولار للبرميل، وفي هذا الوقت كانت شركات النفط قلقة بشأن فائض الإنتاج لأنه كان من الواضح أن ضخ النفط بسرعة كبيرة من أحد الحقول يمكن أن يضر بالإنتاج على المدى الطويل، ونتيجة لذلك فإنه في نوفمبر من عام 1932 أقر المجلس التشريعي في تكساس قانون طلب السوق، الذي عرّف النفايات المحظورة prohibitable

(*) SoCalهي اختصار لـ Standard oil of California

على أنها أي إنتاج يزيد عن طلب السوق. بمجرد أن أصبح القانون waste نافذاً فقد خفضت الشركات الكبرى سعر الطرح إلى 0.25 دولار للبرميل في يناير 1933 ثم إلى 0.10 دولار للبرميل، ولقد تم خفض الإنتاج بشكل كبير مع انخفاض الطلب في السوق، ثم تدخلت الشركات الكبرى واشترت عشرات الملايين من البراميل بأسعار منخفضة للغاية قبل أن يخرج العديد من المنتجين المستقلين عن العمل.

أصدر كونغرس الولايات المتحدة في عام 1935 ميثاقاً مشتركاً بين الولايات للحفاظ على النفط والغاز بالإضافة إلى قانون كونالي Connally الذي خصص حصص إنتاج لكل ولاية، ولقد تم استخدام التشريع لخفض الإنتاج من أجل الحفاظ على أسعار مستقرة. كان هناك تأثير آخر في إمدادات النفط المحلية للولايات المتحدة وهو القرار السياسي لخدمة السوق المحلية إلى حد كبير من آبار النفط الأمريكية حتى لا تصبح الولايات المتحدة معتمدة بشكل كبير على النفط الأجنبي، ويتم إبعاد النفط الأجنبي الرخيص عن الولايات المتحدة بينما الحقول المحلية كانت تنضب.

كانت أرباح النفط في عام 1947 مرتفعة، وكانت تكلفة النفط الخام السعودي 0.19 دولار للبرميل بالإضافة إلى 0.21 دولار حقوق ملكية، ونفط البحرين 0.10 دولار للبرميل بالإضافة إلى 0.15 دولار أميركي، ولقد كان المستهلكون يدفعون 1.80 دولار للبرميل وأكثر مقابل النفط الخام نفسه. زادت هوامش الربح في الخمسينات والستينات من القرن الماضي بينما انخفضت تكاليف الإنتاج، وازداد حجم النفط المشحون، وأن ظهور الناقلات العملاقة أدى إلى انخفاض تكاليف الشحن بينما ارتفعت أسعار البيع، وفي أواخر الستينات من القرن الماضي كانت تكلفة إنتاج نفط الشرق الأوسط ونقله إلى أوروبا والولايات المتحدة بسعر 2.00 دولار أو أكثر للبرميل أو أقل بكثير، وأن عدد من التقديرات تشير إلى أن تكاليف الإنتاج والشحن مجتمعة كانت في حدود 0.40 دولار للبرميل.

بحلول نهاية الستينات فقد بقيت الأخوات السبع الشركات المهيمنة في ميدان النفط العالمي، وبين عامي 1960 و 1966 ارتفعت حصتها من إنتاج

النفط خارج أمريكا الشمالية والبلدان الشيوعية بالفعل من 72% إلى 76%، ولم يتبق سوى 24% لجميع الشركات الأخرى (Penrose, 1969). بَنَت الأخوات السبع أنفسهن في عدد من أكبر الشركات في التاريخ ، وذلك في المقام الأول من خلال ملكية الامتيازات في البلدان النامية وفي الغالب في الشرق الأوسط، ونتيجة لذلك فقد انتشرت مجمعات المصافي على طول السواحل، بل بدا وأن الشركات تسكن مكاناً بين الحكومات والشركات (Hartshorn, 1962).

وبحلول عام 1970 كانت 94% من احتياطيات النفط المحلية في الولايات المتحدة تحتفظ بها 20 شركة فحسب، واحتلت أكبر ثماني شركات نفط من حيث حيازاتها من احتياطيات النفط المحلية المرتبة الثماني الأولى في الإنتاج، وأكبر ثماني شركات في مجال التكرير، والثماني الأولى في التسويق وهي : إكسون Exxon و موبيل Mobil وتكساكو Texaco وشيفرون Chevron وجولفGulf وشل Shell وأموكو Amoco وآركو ARCO. سيطرت اثنتان من الأخوات السبع في عام 1972 وهما إكسون وشل، على النفط في العالم وكذلك صناعة البترول (الجدول 5-1)، ولطالما اعتبرت موبيل أخت إكسون الصغيرة، وتعتمد على منافسها الأكبر للحصول على المشورة والنفط، والآن فإن إكسون تمتلك شركة موبيل، وقد يختفي الاسم قريباً من شعار ExxonMobil.

الجدول 5-1: أكبر 12 شركة تصنيعية في العالم مرتبة حسب الأصول والمبيعات في عام 1972

التسلسل	الشركة	الأصول(١٠٠٠ $)	المبيعات(١٠٠٠ $)	الترتيب
1	Exxon*	21,558,257	20,309,753	2
2	Royal Dutch/Shell*	20,066,802	14,060,307	4
3	General Motors	18,273,382	30,435,231	1
4	Texaco*	12,032,174	8,692,991	10
5	Ford	11,634,000	20,194,400	3
6	IBM	10,792,402	9,532,593	7
7	Gulf*	9,324,000	6,243,000	12
8	Mobil*	9,216,713	9,166,332	8
9	Nippon Steel	8,622,916	5,364,332	17
10	ITT	8,617,897	8,556,826	11
11	BP*	8,161,413	5,711,555	15
12	Socal (now Chevron)*	8,084,193	5,829,487	14

*The Seven Sisters.
Source: *Fortune Magazine*, May and September 1973.

4-5 تقديرات الاحتياطي

تستند معظم تقديرات كمية موارد النفط التقليدية المتبقية إلى آراء الجيولوجيين وغيرهم من العلماء أو المهندسين المطلعين على منطقة معينة (الجدول 5-2) (الفصل 2).

الجدول 5-2: تقديرات الاحتياطيات المتبقية من النفط الخام

المصدر	حجم الاحتياطي(تريليون برميل)
USGS, 2000 (high)	3.9
USGS, 2000 (mean)	3.0
USGS, 2000 (low)	2.25
Campbell, 1995	1.85
Masters, 1994	2.3
Campbell, 1992	1.7
Bookout, 1989	2.0
Masters, 1987	1.8
Martin, 1984	1.7
Nehring, 1982	2.9
Halbouty, 1981	2.25
Meyerhoff, 1979	2.2
Nehring, 1978	2.0
Nelson, 1977	2.0
Follinsbee, 1976	1.85
Adam and Kirby, 1975	2.0
Linden, 1973	2.9
Moody, 1972	1.9
Moody, 1970	1.85
Shell, 1968	1.85
Weeks, 1959	2.0
MacNaughton, 1953	1.0
Weeks, 1948	0.6
Pratt, 1942	0.6

(Hakes, 2000)

إن المورد النهائي القابل للاستخلاص (URR) هو إجمالي كمية النفط التي سـيتم إنتاجها بما في ذلك ما يقرب من تريليون برميل مستخرج حتى الآن (الفصل1)، تميل التقديرات الأخيرة للموارد النهائية القابلة للاستخلاص للعالم إلى فئتين، إذ تشير التقديرات الأقل إلى أن المورد النهائي القابل للاستخلاص لا يزيد عن 2.3 تريليون برميل، وربما يكون أقل (Campbell and Laherrère, 1998)، أما التقدير الأعلى للمورد النهائي القابل للاسـتخلاص هو 3 تريليون برميل وقد يصل إلى 4 تريليون برميل من النفط (USGS,2000,2003). إن ما يقرب من نصف 1.4 تريليون برميل تقريباً التي توقعت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية أن يتم اكتشـافها هي من الاكتشافات الجديدة ونحو نصفها من نمو الاحتياطي، وأن الأخيرة تصف العملية التي تؤدي من خلالها التحسينات الفنية وتصحيح التقديرات المتحفظة السـابقة إلى زيادة الانتعاش المتوقع من الحقول الموجودة. إن هذه الإضافة الجديدة نسبياً إلى منهجية المسح الجيولوجي بالولايات المتحدة تستند إلى الخبرة في الولايات المتحدة وكذلك في مناطق أخرى موثقة جيداً، وتفترض المجاميع الجديدة بشكل أساس أن احتياطيات البترول في كل مكان في العالم سيتم تطويرها بالمستوى نفسه من التكنولوجيا والحوافز الاقتصادية والفعالية كما هو عليه الحال في الولايات المتحدة، وسيوضح الزمن إلى أي مدى يتم تحقيق هذه الافتراضات.

5-4-1 التباين التاريخي لتقديرات الاحتياطي

تسـتهلك الولايات المتحدة حالياً ما يقرب من 20 مليون برميل يومياً مع استيراد نحو 11.7 مليون برميل يومياً.

يمثل منتجـو أوبك 5/2 من هذه المدخلات وبـلدان الخليج العربي 5/1 من هذا المقدار مع المملكة العربية السـعودية التي تمتلك أكبر كتلة عند 1.5 مليون برميل يومياً. ومن كبار المسـاهمين الآخرين كندا (1.9 برميل يومياً) والمكسـيك (1.5 مليون برميل يومياً) وفنزويلا (1.4 مليـون برميل يومياً). يمكـن أن يحل النفط العـراقي محل أي من هؤلاء المسـتوردين ، لكن من المحتمل أن يحدث ذلك فحسـب إذا كان هناك اضطراب كبير من مثل ذلك

الذي حدث في فنزويلا قبل عملية حرية العراق ومؤخراً في نيجيريا (5 مليون برميل من الـواردات الأمريكية يومياً)، وفي كلتا الحالتين فقد تحملت أوبك الركود واستمرت في توفير 2.5 مليون برميل يومياً من الإنتاج العراقي وغطت السعودية معظم النقص، ومن الناحية الواقعية سيجد الخام العراقي أسواقاً آسيوية وأوروبية مع زيادة المعروض من الولايات المتحدة عن طريق مغازلة كميات لا تذكر.

بينما ينصب مُعظم اهتمام العالم على العراق والشرق الأوسط فقد وقعت أحداث رئيسة في أماكن أخرى يمكن أن تؤثر في الأسواق بطرائق تقلل من تأثير عودة العراق إلى السوق، إذ أن كندا التي تتنافس على المورد الرئيس للولايات المتحدة مع المملكة العربية السعودية بنحو 2 مليون برميل يومياً، زادت احتياطياتها من 4.9 مليار برميل بمقدار 175 مليار برميل من البيتومين (للتحويل إلى النفط الخام الاصطناعي) من رواسب رمال القار، وفيما يتعلق بالنفط الثقيل فإنه يمكن أن تضيف الزيادات الإجمالية في الكفاءة والتقدم الصناعي ما يصل إلى 125 مليار برميل إلى الاحتياطيات العالمية.

ومن ناحية أخرى فقد دخلت روسيا المعركة مرة أخرى باحتياطيات مؤكدة تبلغ 48 مليار برميل، إذ يزود خط أنابيب دروجبا Druzhba النفط إلى أوروبا، ولا تزال المحطة القديمة في نوفوروسيسك Novorossisk على البحر الأسود تمثل منفذاً ثابتاً، لكن مع ذلك فإن الاضطرابات المدنية قد ابتليت بها المنطقة منذ سقوط الاتحاد السوفيتي ومضيق البوسفور ليس أسهل مياه للتفاوض على الناقلات الكبيرة وقد تصبح مقيدة إذا رأت الحكومة التركية ذلك. لكن مع ذلك فإن العمل يجري على خط أنابيب جانبي لمضيق البوسفور لنقل نفط بحر قزوين من باكو إلى جيهان في تركيا، وبالإضافة إلى ذلك فإن آسيا تشكل سوقاً جاهزة للنفط من حقول سيبيريا، وقد تم النظر في إمكانية إنشاء خط أنابيب إلى الصين واليابان، وفي غضون ذلك فإن الصين تسعى إلى تطوير حقول النفط الثقيل الخاصة بها.

5-4-2: أنماط الاستخدام

تم اقتراح النموذج الأكثر شهرة لإنتاج النفط من قبل ماريون كينج هوبرت Marion King Hubbert الذي اقترح أن اكتشاف النفط وإنتاجه بمرور الزمن سيتبع منحنى متماثل الشكل ذو ذروة واحدة مع ذروة في الإنتاج عند 50% ومن تم استخراج المورد النهائي القابل للاستخلاص (Oil Fields, 2008).

رأى هوبرت أن حقائق الجيولوجيا وحقائق الضخ الفيزيائي من تحت الأرض تعني أن حقول النفط تنتج عادةً حجماً متزايداً من النفط، ثم يتوقف الحجم عن الزيادة (يصل الإنتاج إلى الذروة) ثم يأخذ الحجم الذي يمكن ضخه من الأرض بالتناقص تدريجياً مرة أخرى. على الرسم البياني فإن الإنتاج من حقل النفط يصنع منحنى الجرس، يبدأ منخفضاً ومن ثم يتسلق ببطء ويبلغ الذروة وينخفض ببطء وينتهي منخفضاً، إن النقطة المرتفعة على المنحنى هي عندما يختفي نصف الاحتياطيات الأصلية التي يمكن ضخها بسهولة من الأرض في موارد حقول النفط الوطنية أو العالمية.

إن معرفة شكل منحنى الإنتاج لحقول النفط يعني أن هوبرت يمكن أن يأخذ الأرقام المتعلقة بالحجم المعروف لاحتياطيات النفط، وكم النفط الذي تم ضخه من جميع حقول النفط في الولايات المتحدة بالفعل، ومقدار ما تبقى الذي بالإمكان استخراجه، وتنسيب هذه الأرقام في حقل نفطي واحد من منحنى إنتاج الولايات المتحدة الذي يمثل حياة وموت إجمالي حقول النفط في الولايات المتحدة، وقد أظهرت النتائج أن إنتاج النفط في الولايات المتحدة سيزداد من حيث الحجم كل عام حتى عام 1970، ثم سيكون في ذروة الإنتاج ثم ينخفض بعد ذلك.

توقع هوبرت في عام 1956 أن إنتاج النفط في الولايات المتحدة سيبلغ ذروته في عام 1970، وهو ما حدث بالفعل (Hubbert, 1962)، ولقد توقع هوبرت أيضاً أن إنتاج الولايات المتحدة من الغاز الطبيعي سيبلغ ذروته في نحو عام 1980 وهو ما حدث بالفعل، وعلى الرغم من أنه أظهر منذ ذلك الحين

علامات على الانتعاش، وكما توقع أن يصل إنتاج النفط العالمي إلى ذروته في نحو عام 2000، ولقد حـدث انخفاض طفيف في الإنتاج العالمي في عام 2000 لكن الإنتاج في النصف الأول من عام 2008 تجاوز المعدل في عام 2000.

ومع ذلك فإن ذروة هوبرت هي للنفط الخام التقليدي ولا تشـمل النفط المنتج لحقول النفط الثقيل، ولا تشمل أي تأثيرات محتملة من السوائل المنتجة من مصادر غير تقليدية من مثل رواسـب رمال القار أو الفحم أو السـجيل النفطي أو السوائل من الغاز الطبيعي.

قام عدد من الحكماء الزائفين بعمل تنبـؤات حول توقيت ذروة الإنتاج العالمي باسـتخدام العديد من الاختلافات في نهـج هوبرت، ولقد تراوحت التوقعـات المختلفة لعـام الذروة العالمية من توقـع عام 1989 إلى العديد من التنبؤات للعقد الأول من القرن الحادي والعشرين إلى آخر في وقت متأخر من مثل عام 2030(Campbell and Laherrère, 1998) ، إذ تبدأ توقعاتهم بافتراض مسـبق حول حجم النفط القابل للاستخراج في النهاية. افترضت معظم هذه الدراسـات أن حجم الموارد النهائية القابلة للاستخلاص في العالم يبلغ نحو 2 تريليون برميل، وأن إنتاج النفط سيبلغ ذروته عندما يتم استخراج 50% من المورد النهائي، وبالمقارنة فإن التقدير المنخفض للمسـح الجيولوجي بالولايات المتحدة (الذي يذكرون أن احتمال تجاوزه 95%) هو 2.3 تريليون برميل، ولقد قام أحد التحليـلات بتركيب الجانب الأيسر من منحنيـات Hubbert type على بيانات الإنتـاج الفعلي مع تقييد الكمية الإجمالية تحت المنحنى إلى اثنين وثلاثة وأربعة تريليون برميل للمورد النهائي القابل للاسـتخلاص في العالم، ومن المتوقع حدوث الذروات الانتاجية الناتجة من عام 2004 إلى عام 2030.

لا تعتمـد التوقعات الأخـرى لإنتاج النفط العالـمي على من مثل هذه التقنيات الملائمة للمنحنى لعمل توقعات مسـتقبلية و / أو افتراضات مسبقة حول المورد النهائي القابل للاستخلاص، ووفقاً لأحدث توقعات وكالة معلومات الطاقة الأمريكية EIA فإن إمدادات النفط العالمية في عام 2025 سـتتجاوز

مستوى 2001 بنسبة 53% (EIA,2003)، ولقد استعرضت إدارة معلومات الطاقة خمسة نماذج نفطية عالمية أخرى ووجدت أن جميعها تتوقع زيادة الإنتاج في العقدين المقبلين إلى نحو 100 مليون برميل يومياً، أي أكثر من 77 مليون برميل يومياً تم إنتاجها في عام 2001. يعتمد العديد من هذه النماذج على تقديرات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية الجديدة للموارد النهائية القابلة للاستخراج النفطي، وتجدر الإشارة إلى أن جميع تنبؤات إمدادات النفط تقريباً التي يمكننا من خلالها فحص التنبؤات مقابل الواقع لها سجل سيئ بغض النظر عن الطريقة، ولقد أظهرت معظم النتائج الحديثة لطرائق ضبط المنحنى ميلاً ثابتاً للتنبؤ بالذروة في غضون بضع سنوات، ثم الانخفاض بغض النظر عن وقت إجراء التنبؤات (Lynch, 2002). ومن الحقائق الراسخة الآن هي أن العوامل الاقتصادية والمؤسسية وكذلك الجيولوجيا كانت مسؤولة عن ذروة الإنتاج في الولايات المتحدة في عام 1970 (Kaufmann and Cleveland,2001)، وهي القوى التي تم استبعادها صراحةً من نماذج ملائمة المنحنى، ومن ثم فإن قدرة نموذج هوبرت ومتغيراته على التنبؤ بالإنتاج في الولايات الـ 48 الأدنى بدقة لا يمكن بالضرورة استقراءها في مناطق أخرى، والوقت جد مبكر للإفصاح عن ذلك.

ليست التوقعات الاقتصادية أفضل من تفسير إنتاج النفط الأمريكي في الولايات الـ 48 الأدنى، وفي الفترة التي أعقبت الحرب العالمية الثانية فإنه غالباً ما زاد إنتاج النفط مع انخفاض أسعاره والعكس صحيح (Kaufmann, 1991)، وهو سلوك مخالف تماماً لتوقعات النظرية الاقتصادية التي تفترض أيضاً أن أسعار النفط ستتبع المستوى الأمثل. إن المسار نحو سعر الاختناق choke price (أي السعر الذي ينخفض عنده الطلب على النفط إلى الصفر وأن اشارات السوق تشير إلى انتقال سلس إلى البدائل)، وفي الواقع فإنه حتى في حال وجود من مثل هذا المسار فقد لا ترتفع الأسعار بسلاسة لأن الأدلة التجريبية تشير إلى أن المنتجين يستجيبون بشكل مختلف لارتفاع الأسعار

عن الاستجابة لانخفاض الأسعار (Kaufmann and Cleveland, 2001)، ويؤدي الانحراف الكبير عن النظرية الاقتصادية الأساسية إلى تقويض سياسة الأمر الواقع لإدارة استنفاد إمدادات النفط التقليدية - اعتقاداً بأن السوق التنافسية سوف تولد انتقالاً سلساً من النفط نحو البدائل.

4-4-5 تقلبات الأسعار

يخضع سعر النفط من مثل أسعار جميع السلع لتقلبات كبيرة بمرور الزمن وهو قيد مرتبط بدورة العمل الشاملة، فعندما يتجاوز الطلب على سلعة ما من مثل النفط الخام الطاقة الإنتاجية فإن السعر سيرتفع بشكل حاد لأن كلا من العرض والطلب غير مرنين إلى حد ما على المدى القصير، وقد يصاب مستخدمو النفط بالصدمة من ارتفاع الأسعار، لكن لديهم التزامات وعادات تحدد استخدامهم للطاقة وأن هذه الأمور تستغرق وقتاً للتكيف.

على جانب العرض ولا سيما عند الحافة الخارجية لطاقة الإنتاج الحالية، فإن إضافة سعة جديدة تستغرق وقتاً طويلاً وهي مكلفة، لكن مع ذلك فإنه بمرور الزمن سيكتشف كل من الشركات والأفراد طرائق لخفض استهلاكهم للنفط استجابة منهم لارتفاع الأسعار. إذ تشجع الأسعار المرتفعة الاستثمار الجديد في الإنتاج ووصول مصادر جديدة إلى السوق، مما يؤدي إلى استعادة توازن العرض والطلب تدريجياً، ويمثل الارتفاع غير العادي في الأسعار في منتصف عام 2008 إلى حد كبير عواقب فترة وجيزة تجاوز فيها الطلب العالمي على النفط المعروض منه، وعندما يتجاوز العرض الطلب من ناحية أخرى فإن نظرية الاقتصاد الجزئي تقول أن السعر يجب أن ينهار وصولاً إلى التكلفة الحدية لإنتاج أغلى الآبار، ومع انخفاض السعر تصبح الآبار الأغلى غير اقتصادية ويتم إغلاقها مؤقتاً على الأقل.

نظراً لأن إنتاج النفط العالمي سيبدأ بالانخفاض بعد ذروة النفط، فإنه من المرجح أن يكون تقلب أسعار النفط على المدى المتوسط أعلى من ذي قبل، وذلك لأن نطاق تكاليف الإنتاج بين جميع المصادر التي تزود السوق سيكون أكبر بكثير. توجد حقول النفط الرئيسة حيث تكون تكلفة الإنتاج غير

مكلفة نســـبياً، ولا يزال جزء كبير من الإمداد العالمي من النفط يأتي من مثل هذه المصادر الرخيصة.

ومع ذلك فإنه من المأمول أن يؤدي النقص في المســـتقبل وارتفاع الأسعار إلى تحفيز تطوير مصادر النفط مع ارتفاع تكاليف الإنتاج، بما في ذلك مواقع المياه العميقة ورمال القار والســـجيل النفطي والانتعاش الثانوي من الحقول المستنفدة. بلغة النظرية الاقتصادية سيكون منحنى العرض أكثر حدة مما كان عليه في السنوات الماضية، وستتسبب التحولات في الطلب سواء أكانت لأعلى أم لأسفل في تقلبات أكبر نسبياً في سعر السوق.

5-5:References

- BP. 2008. BP Statistical Review of World Energy, **www.bp.com/**statisticalreview.
- Campbell, C.J. and Laherrère, J.H. 1998. The End of Cheap Oil. Scientific American. 278: 78-83.
- Cleveland, C.J., Costanza, R., Hall, C.A.S., and Kaufmann, R. 1984. Energy and the United States Economy: A Biophysical Perspective. Science 225: 890-897.
- Cobb, C, and Goldwhite, H. 1995. Creations of Fire: Chemistry's Lively History from Alchemy to the Atomic Age. Plenum Press, New York.
- Cooper, C. and Pope, H. 1998. Dry Wells Belie Hope for Big Caspian Reserves. Wall Street Journal, 12 October.
- Davis, L.J. 2003. Fleet Fire: Thomas Edison and the Pioneers of the Electric Revolution. Arcade Publishing, New York, 2003.
- El A. 2003. International Outlook 2003. Energy Information Administration, US Department of Energy, Washington, DC Report No. DOE/EIA- 0484(2003). **http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/oil.html.**
- Forbes, R. J. 1958a. A History of Technology, Oxford University Press, Oxford, England.
- Forbes, R.J. 1958b. Studies in Early Petroleum Chemistry. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Forbes, R.J. 1959. More Studies in Early Petroleum Chemistry. E.J. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Forbes, R. J. 1964. Studies in Ancient Technology. E. J. Brill, Leiden, The Netherlands.

- Gingras, M., and Rokosh, D. 2004. A Brief Overview of the Geology of Heavy Oil, Bitumen and Oil Sand Deposits. Proceedings, Canadian Society of Exploration Geophysicists National Convention, **http://www.cseg.ca/**

- Hakes. J. 2000. Long Term World Oil Supply. American Association of Petroleum Geochemists, New Orleans, Louisiana, **http:www.eia.doe.** gov/pub/oil_gas/petroleum/presentations/2000/long_term_supply/index.htm

- Hall, C.A.S., Lindenberger, D., Kümmel, R., Kroeger, T, and Eichhorn, W. 2001. The Need to Reintegrate the Natural Sciences with Economics. Bioscience, 51: 663-673.

- Hall, C.A.S., Tharakan, P.J., Hallock, J., Cleveland, C, and Jefferson, M.2003. Nature, 426: 318-322

- Hartshorn, J.E. 1962. Oil Companies and Governments: An Account Of The International Oil Industry In Its Political Environment. Faber and Faber, London.

- Henry, J.T 1873. The Early and Later History of Petroleum. Volumes I and II. APRP Co., Philadelphia, PA.

- Hoiberg, A. J. 1964. Bituminous Materials: Asphalts, Tars, and Pitches. John Wiley & Sons. New York.

- Hubbert, M.K. 1962. Energy Resources. Report to the Committee on Natural Resources, National Academy of Sciences, Washington, DC.

- Kaufmann, R.K. 1991. Oil Production in the Lower 48 States: Reconciling Curve Fitting and Econometric Models. Res. Energy. 13:111-127.

- Kaufmann, R.K., and Cleveland, C.J. 2001. Oil Production in the Lower 48 States: Economic, Geological and Institutional Determinants. Energy J. 22: 27-49.

- Lynch, M.C. 2002. Forecasting Oil Supply: Theory and Practice. Quarterly. Revs. Econ. Finance. 42: 373-389.

- Munasinghe, M. 2002. The Sustainomics Trans-Disciplinary Meta-Framework for Making Development More Sustainable: Applications to Energy Issues. Int. J. Sustain. Dev. 5:125-182.

- Oil Fields. 2008. Oil Fields and What They Do (or Might) Produce and When: A List Of Major Oil Fields, Their Reserves, In Relation To Peak Oil. **http://www.naturalhub.com/slweb/fading_of_the_oil_economy_** oilfield_depletion_discovery_reserves.htm

- Penrose, E.T. 1969. The International Petroleum Industry. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

- Pirog, R. 2007. The Role of National Oil Companies in the International Oil Market August 21,2007. Report No. RL34137. CRS Report for Congress, Congressional Research Service, Washington, DC. August 21.Sadorsky, P. 1999. Oil price shocks and stock market activity. Energy Econ.21:449-469.

- Sampson, A. 1975. The Seven Sisters - The Great Oil Companies and the World They Made. Hodder and Stoughton, New York.

- Setright, L.J.K. 2003. Drive On! A Social History of the Motor Car. Granta Books, London, England.

- Shafiq, 2009a. T. Iraq's Oil Prospects Face Political Impediments - 1 . Oil & Gas Jounral, 107(3): 46-49.

- Shafiq, 2009b. T. Iraq's Oil Prospects Face Political Impediments -2. Oil & Gas Jounral, 107(4): 31-36.

- Smulders, S., and de Nooij, M. 2003. The Impact of Energy Conservation on Technology and Economic Growth. Resource Energy Econ. 25: 59-79.

- Speight, J.G. 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum, 4th Edition.CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

- Speight, J.G. 2008. Handbook of Synthetic Fuels, McGraw-Hill, New York.

- Speight, J.G., and Cockburn, S. 2008. Linkages of the Elements of the Oil and Gas Industry in Trinidad and Tobago with Other Industries in the Economy. The Tobago Gas Technology Conference, Vanguard Hotel, Tobago, November 10-12.

- Tainter, J. 1988. The Collapse of Complex Systems. Cambridge University Press, Cambridge, England.

- TD Securities. 2007. Overview of Canada's Oil Sands.

- Tharakan, P.J., Kroeger, T., and Hall, C.A.S. 2001. Twenty-Five Years of Industrial Development: A Study of Resource Use Rates and Macro-Efficiency Indicators for Five Asian Countries. Environ. Sei. Policy 4: 319-332.

- USGS. 2000. United States Department of Long Term World Oil Supply.United States Geological Survey, Washington, DC. **http://www.eia. doe.gov/pub** / oil_gas / petroleum / presentations/2000/long_term_ supply/index.htm

- USGS. 2003. The World Petroleum Assessment 2000. United States Geological Survey, Washington DC. **www.usgs.gov**

- Wilson, A. 1941. Persia - A Political Officer's Diary. Oxford University Press, London, England.

- Yergin, D.H. 1991. *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power.* Simon and Schuster, New York.

- Zittel, W., and Schindler, J. 2007. Crude Oil: The Supply Outlook. EWG Series No. 3/2007, Energy Watch Group, Berlin, Germany. October.

الفصل السادس

أسعار النفط

إن الاقتصاد البترولي هو المجال الذي يدرس الاستخدام البشري للموارد البترولية ونتائج ذلك الاستخدام، وفي أبسط المصطلحات العلمية فإن استخدام البترول يسمح بإنتاج الطاقة، ويمكن اعتبار الموارد على أنها متجددة أو قابلة للنضوب وأن البترول يندرج ضمن الفئة الأخيرة التي تؤثر في ستراتيجيات التسعير، لكن مع ذلك فإن توقعات نفاد النفط تستند إلى الجيولوجيا وليس إلى السعر. تحتوي معظم مكامن النفط الخام على أكثر من 50% من النفط الأصلي بينما تحتوي العديد منها على أكثر من 60% من النفط الأصلي، وأن هذه موارد معروفة بوجودها، وأن الكثير من النفط المتبقي محاصر في مسام صغيرة ولا يمكن استخلاصه عن طريق الضخ البسيط، ولكنه يتطلب تقنيات أكثر تقدماً وتكلفة مغطاة تحت مظلة الاستخلاص المعزز للنفط (الفصل 3).

كما لوحظ في الفصول السابقة أن البترول هو مصدر الطاقة الذي هيمن على القرن العشرين، وبغض النظر عن الحوادث غير المتوقعة فإن البترول سيظل مصدراً رئيساً للطاقة خلال الخمسين عاماً الأولى من القرن الحادي والعشرين. وفي الواقع فإن البترول يُعد أيضاً أكبر سلعة منفردة في التجارة الدولية، لكن تقلب الأسعار يُظهر الطبيعة الضعيفة لأرضية التداول عندما يكون البترول هو محور الاهتمام.

مع ذلك فإنه على الرغم من أن البترول هو مصدر طاقة قابل للحياة ومتعدد الاستخدامات للغاية، إلا أنه أيضاً أكثر مصادر الطاقة سياسية ليس لأن معظم الموارد تقع في البلدان التي لا تتطلب قدراً كبيراً من الطاقة من مثل البلدان غير المنتجة فحسب ولكن بسبب من ضعف الحكومات المختلفة، وفي أي من البلدان المنتجة للنفط فإنه بإمكان الحكومات أن تغير بشكل ملحوظ وبسرعة سياسات مختلفة للتأثير في هذا المورد الطبيعي، وبالنسبة لهذا

المورد الحيوي فقد كانت البلدان على استعداد لخوض الحروب من أجله، وذلك لأنه مورد مطلوب للبلدان لشن الحرب.

يعتمد سعر برميل النفط اعتماداً كبيراً على درجته التي يتم تحديدها بواسطة عوامل من مثل الكثافة النوعية أو ما تعرف بـ API والمحتوى الكبريتي (الفصل 2)، يلعب موقع النفط أيضاً دوراً في السعر النهائي، وأنه عادة ما تكون الإشارة إلى سعر النفط إما إشارة إلى السعر الفوري للنفط الخام القياسي من مثل خام غرب تكساس (الخفيف) المتداول في بورصة نيويورك التجارية (نايمكس)) للتسليم في كوشينغ ، أوكلاهوما ، أو سعر نفط خام برنت (بحر الشمال) المتداول في بورصة البترول الدولية (IPE) للتسليم في Sullom Voe، ومن ناحية أخرى تستخدم إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA) تكلفة اقتناء المصفاة المستوردة (متوسط التكلفة المرجح لجميع النفط المستورد إلى الولايات المتحدة) كسعر للنفط العالمي.

شهدت أسعار النفط الخام تقلبات كبيرة على مدى العقد الماضي وبخاصة خلال السنوات (2006-2010) - سواء أكان ذلك بسبب النقص الواضح بالإنتاج أم بسبب زيادة العرض (أي عوامل العرض والطلب) (ITF,2008)، وفي وقت إعداد هذا الكتاب شهدت الأسعار ارتفاعات تقترب من 150 دولار للبرميل وهي تلامس حالياً 40 دولار للبرميل، مما يجعل متوسط السعر (رقم البرميل على الطاولة من قبل عدد من الاقتصاديين) يبدو بلا معنى. في حين أن متوسط السعر قد يكون ذا مغزى للإحصائيين في واشنطن العاصمة، فإن السعر الحقيقي للنفط الخام هو مسألة أخرى وذلك نظراً لأن السعر الحقيقي للمنتجات البترولية من مثل البنزين قد يكون في متناول 1.50 دولار للغالون أو 4.00 دولار للغالون الواحد وهو ليس راكداً وبمتوسط معقول يبلغ 2.75 دولار للغالون، حتى عند تعديله وفقاً للتضخم مع الدولار الحالي، فإن متوسط سعر البرميل ليس له علاقة كبيرة بالواقع، خاصةً عندما لا يستطيع المستهلك تحمل تكلفة المنتجات أو يضطر إلى الدخول في ضائقة مالية بسبب الحاجة إلى منتجات النفط الخام.

إن استخدام متوسط السعر هو إخفاء لحقيقة أن الأسعار المرتفعة يصعب تحملها أو لا يمكن تحملها، وأن التشبيه المستخدم غالباً هو أن عالماً أو مهندساً يقف مع قدمه اليسرى في دلو من الماء المغلي وقدمه اليمنى في دلو من الماء المثلج ويعلن أنه مرتاح لأنه في درجة حرارة متوسطة. وباختصار فإنه بالإمكان النظر إلى النظرة طويلة المدى لتسعير البترول بالطريقة نفسها، وأن متوسط الأسعار حتى عند تعديله وفقاً للتضخم فإنه لا يساعد المستهلك الذي يتعين عليه تحمل وطأة الزيادات في الأسعار، لكن هذا ليس سوى جزء من القصة - والباقي يتبع.

6-1: تاريخ أسعار النفط

تم العثور على البترول وإنتاجه وهدره مع بداية القرن العشرين في الولايات المتحدة، وكان على البلدان المنتجة للنفط أن تتدخل في إنتاج البترول لحماية مواردها، وكانت الحياة القصيرة نسبياً والفشل الناتج عن حقل Spindletop يُعد أحد المآسي التي سببها التطور الذي كان قائماً على التسرع، وربما حتى على الجشع من خلال تطبيق سيناريو أريده الآن وما نتج عنه كثيراً- سيناريو قريب جداً.

كانت التغييرات ضرورية مع تقدم الصناعة في الولايات المتحدة، وبعد الحرب العالمية الثانية كانت الطبيعة العالمية للنفط الخام قد غيرت هيكل العرض، وتاريخياً تباينت أسعار النفط الخام من 2.50 دولار أمريكي إلى نحو 3.00 دولار أمريكي في عام 1957 إلى ما يقرب من 150 دولار أمريكي للبرميل في أواخر صيف عام 2008. وفي الجزء الأول من هذه الفترة الزمنية، وجدت البلدان المنتجة للنفط طلباً متزايداً على نفطها الخام ولكن كما زاد الطلب الأمريكي وأصبحت الإمدادات الأجنبية من البترول متاحة، وقد تم تحديد الأسعار إلى حد كبير من خلال المصافي المملوكة في العادة لشركات النفط الكبرى التي كانت مُستعدة لدفع هذا النظام بشكل جيد للمصافي ولكن ليس للمنتجين.

بلغ سعر النفط الخام في عام 1972 نحو 3.00 دولار للبرميل، وقبل أكتوبر من عام 1973 لم يكن لموردي النفط العالميين رأي يذكر في تحديد أسعار النفط -

إذ حدد مستوردو النفط (أي شركات النفط) الأسعار، ونتيجة للحرب العربية الإسرائيلية في عام 1973 فقد أصبح النفط سلاح الضغط السياسي وأصبحت البلدان الأعضاء في أوبك حازمة ومُنظمَة. ارتفعت أسعار النفط إلى 12 دولار للبرميل في عام 1974، وقد دخلت الولايات المتحدة في ركود اقتصادي كبير من عام 1981 إلى عام 1983، إذ انخفض الطلب على النفط وواصلت البلدان المنتجة للنفط ضخ النفط في منافسة مع بعضها البعض لزيادة التدفق النقدي إلى أقصى حد، ونتيجة لذلك فقد انخفضت أسعار النفط، وفي عام 1985 كانت الأسعار مرة أخرى في حدود 13 دولار - قريبة من السعر في عام 1974.

كان ارتفاع أسعار النفط الخام في أوائل سبعينات القرن الماضي نتيجة للحظر الذي فرضته أوبك، فلقد أدى انخفاض إنتاج النفط دون حدوث انخفاض مقابل مباشر في الطلب على النفط إلى ارتفاع الأسعار، وحتى لو تمكنت الشركات من دفع سعر أعلى فإنها لن تتمكن من الحصول على النفط الذي تحتاجه للحفاظ على وتيرة النشاط الاقتصادي. نتيجة لذلك فقد تباطأ الإنتاج الحقيقي وارتفعت التكاليف، وقد أدى هذا إلى الضغط على الهوامش الربحية، مما أجبر بدوره الشركات على رفع الأسعار، وفي غضون ذلك فقد توقع العمال استمرار ارتفاع الأسعار وطالبوا بأجور أعلى، وبدون مكاسب إنتاجية مقابلة فقد أدى ذلك إلى تضخم مصحوب بركود في وقت لاحق من هذا العقد (Laufenberg, 2007).

ارتبطت أسعار النفط بالسوق الفورية للنفط الخام في منتصف عام 1985، وبحلول أوائل عام 1986 انخفضت الأسعار إلى أدنى مستوياتها منذ أوائل السبعينات وتراجعت إلى 8 دولار إلى 10 دولار للبرميل. ارتفع سعر النفط الخام مرة أخرى في عام 1990 مع الغزو العراقي للكويت وحرب الخليج التي تلت ذلك، ولكن بعد توقف الأعمال العدائية دخلت أسعار النفط الخام في انخفاض مطرد، لكن مع ذلك فإنه منذ ذلك الحين زاد الطلب في الولايات المتحدة وأوروبا بنحو 6 إلى 8% سنوياً، الأمر الذي شكل في بعض الأحيان عبئاً على إمدادات النفط الخام.

زاد الاستهلاك العالمي من النفط بأكثر من ستة مليون برميل يومياً منذ عام 1990 إلى عام 1997، لكن الزيادات في الأسعار وصلت إلى نهايتها عندما أدى ارتفاع إنتاج أوبك إلى انخفاض الأسـعار بسبب الاتجاهات الهبوطية في العديد من الاقتصادات الآسيوية، وفي أواخر عام 1997 اجتمعت عدة أحداث لبدء انخفاض حاد في أسعار النفط العالمية:

1 - عانت الاقتصادات الآسـيوية التي كانت تولد أكبر الزيادات في الطلب على البترول من تقلصات كبيرة، مما أدى إلى انخفاض في استخدام البترول.

2 - وافقت البلدان الأعضـاء في أوبك التي ربما أخطأت في قراءة هذا الوضع على زيادة إنتاج النفط.

3 - استفاد نصف الكرة الشمالي من شتاء معتدل وانخفض الطلب على النفط الخام ومنتجات النفط الخام.

4 - أدى ضعف الاقتصاد الروسي إلى ارتفاع صادرات النفط الروسي.

5 - انخرطـت فنزويلا والمملكـة العربية السـعودية في معركة حصتيهما في السوق، وقد أدى ذلك إلى زيادة حجم الصادرات البترولية.

نتيجـة لحرب الخليـج الأولى في عام 1990 فقد تم تحديد إنتاج النفط في العراق من خـلال برنامج عقوبات الأمم المتحـدة، وبالإضافة إلى ذلك فقد سمحت الأمم المتحدة للعراق بزيادة كمية النفط التي يمكن للعراق إنتاجها وبيعها، وفي بداية عام 1998 كان العراق قد صدر ما يقرب من 500,000 برميل/ يوم من النفط الخام، ولكن مع بداية عام 1999 كان العراق يصدر 2.5 مليون برميل/ يوم، لكن الزيادات في إنتاج النفط الخام العراقي كان قد قابله انخفاض في أسعار النفط وفي منحدر هبوطي.

وافق أعضاء أوبك على خفض الصادرات إلى البلدان المسـتهلكة للنفط في مارس من عام 1999، وفي هذا الوقت انضمت المكسـيك والنرويج وبلدان أخرى منتجة للنفط (حتى ذلك الحين من خارج أوبك) إلى أوبك، ومع زيادة الطلب فقد تأثرت الأسـعار، وبحلول نهاية عام 1999 عادت أسعار النفط إلى

مســـتويات عام 1997. كانت عواقب خفض الأسعار واضحة في خسارة صافية لوظائف المنبع ولم تعد منصات النفط مســـتخدمة، ومنذ عام 1999 فصاعداً، دخلت تأثيرات جديدة سوق أسعار النفط، إذ أضافت الصين والهند إلى طلب الســـوق كمســـتوردين، وكان لدى الهند اقتصاد سريع النمو مما أدى إلى زيادة الطلب على النفط، وبحلول عام 2000 كانت الأســـعار قد ارتفعت إلى نحو 27 دولار للبرميل.

عملت أوبك على زيادة الإنتاج في مـــارس من عام 2000 ولكن عندما وافق أعضاء أوبك على خفض الإنتاج، وافقت المملكة العربية السعودية على أكبر تخفيض فردي لتعويض زيادة حصـــة الإنتاج التي حصل عليها العراق، لكن مع ذلـــك فإنه عند النظر في زيادة الإنتاج لـــم يرغب أي بلد عضو في أوبك في التخلي عن حصته في السوق لصالح المملكة العربية السعودية، لكن العديد من البلدان الأعضاء فقدت الآن طاقتها الإنتاجية السابقة.

بدأ أعضاء أوبك في محاولة السيطرة على الإنتاج لإبقاء النفط الخام ضمن نطاق سعري يتراوح من 22 دولار للبرميل إلى 28 دولار للبرميل، ويُعتقد أن هذا النطاق يعكس التوازن الذي يوافر للبلدان الأعضاء في أوبك الدخل الضروري لتلبية الموازنات الوطنية الفردية مع الحفاظ على سعر سوقي مقبول. لكن مع ذلك فإنه في بداية عام 2001 تسبب الضغط على الطاقة الإنتاجية في جميع أنحاء العالم في تجاوز الأسعار 30 دولار للبرميل، لكن الخزن المتطور والركود الاقتصادي في الولايات المتحدة بدأ في دفع الطلب إلى الانخفاض مع انخفاض أســـعار النفط، ونتيجة لذلك فقد بدأت البلدان الأعضـــاء في أوبك في خفض الإنتاج، لكن الالتزام بالوفاء بالحصص تضاءل ولم يتم الوفاء بالأهداف.

شهدت أسعار النفط الخام في نهاية عام 2001 زيادة مطردة وصلت إلى 40 دولار ثم إلى 50 دولار للبرميل بحلول ســـبتمبر من عام 2004، وفي أكتوبر من العام نفسه تجاوز ســـعر النفط الخام 53 دولار للبرميل وتجاوز تسليم ديسمبر 55 دولار للبرميل. ارتفعت أســـعار النفط الخام إلى أعلى مستوى قياسي لها في ذلك الوقت فـــوق 60 دولار للبرميل في يونيو من عام 2005 ، ولاحقاً ارتفعت

الأسعار إلى مستويات غير مسبوقة تجاوزت 145 دولار للبرميل في أواخر صيف عام 2008.

تاريخياً قد يُتوقع أن يتبع الركود ارتفاعاً حاداً في أسعار النفط ، لكن ارتفاع أسعار النفط الخام وحده لا يكفي للتسبب في ركود، ويجب مراعاة عوامل أخرى (Laufenberg, 2007)، وأن المفتاح هو عدم الاعتراف ببساطة بأن سعر النفط الخام أعلى، بل السؤال هو لماذا أعلى؟

2-6: ستراتيجيات التسعير

تأسست أوبك في عام 1960 من خمسة أعضاء مؤسسين هم : إيران والعراق والكويت والمملكة العربية السعودية وفنزويلا، وبحلول نهاية عام 1971 ، انضمت ستة بلدان أخرى (هي قطر وإندونيسيا وليبيا والإمارات العربية المتحدة والجزائر ونيجيريا) إلى أوبك، وبحلول عام 1973 سيطرت أوبك على ما يكفي من إنتاج البترول، بحيث يمكنها وعندما تعمل بشكل جماعي أن تحدد إمدادات النفط العالمية ويمكنها لاحقاً تحديد سعر السوق.

وفي النهاية كانت البلدان الأعضاء في أوبك قد حددت حصص إنتاج جديدة، وفي الوقت نفسه فقد تم إحداث تغيير في أسعار البترول، وفي عام 1983 بدأت بورصة نيويورك التجارية (نايمكس) في تداول عقود النفط الخام الآجلة في سوق السلع الأساسية، وهذا يعني أن تداول سوق السلع الأساسية سيصبح صانع الأسعار وأن أسعار النفط الخام سيتم تحديدها في قاعات التداول في بورصة نايمكس التي بدورها يتم تحديدها بحسب العرض والطلب، مع سيطرة البلدان المنتجة للنفط على الطلب، لكن هذا الأمر هو سيف ذو حدين.

ومع ذلك فقد أصبحت روسيا وهي إحدى البلدان الرئيسة المنتجة للنفط مفتاحاً لمسار سياسات إمدادات النفط الخام في المستقبل، ومنذ كانون الثاني (يناير) من عام 2000، زاد إنتاج النفط الخام الروسي بأكثر من 900 ألف برميل يومياً، مما عوض التخفيضات التي قامت بها أوبك لتحقيق الاستقرار في إمدادات النفط الخام، وإذا لم تتخذ روسيا إجراءات كبيرة لخفض إنتاجها فإن هناك خطراً لاندلاع حرب أسعار النفط.

تساهم أسعار النفط بشكل كبير في الموازنات الوطنية للبلدان المنتجة للنفط، وأن ارتفاع أسعار النفط يشجع على الازدهار في من مثل هذه البلدان، وسواء أانتقلت البلدان المستهلكة للنفط إلى مصادر أخرى للطاقة أم تعلمت التحكم في الطلب على النفط فإن أسعار النفط الخام وإنتاج النفط الخام قد ينخفضان وأن الازدهار سيواجه المعاناة. هذا من شأنه أن يزعزع استقرار العديد من حكومات البلدان المنتجة للنفط، والنتيجة هي فوضى محتملة من خلال الانتقال إلى سلسلة من الحكومات غير المستقرة أو المتقلبة التي قد تدفع الأسعار إلى دوامة تصاعدية مرة أخرى.

ومع ذلك فإنه على مدى العقود الثلاثة الماضية وبخلاف الجهود المبذولة فإن البلدان المستهلكة للنفط لم تطلق برامج طاقة بديلة بطريقة كافية للتأثير في أسعار النفط الخام، إن التقلبات في أسعار النفط الخام هي التي سيطرت على البرامج المتعلقة بالطاقة البديلة في البلدان المستهلكة للنفط، وعلى مدى العقود الماضية لم يتخذ أي بلد قراراً بضرب الرصاصة والبدء في بحث واسع النطاق عن الطاقة البديلة بهدف تسويقها. من ناحية أخرى فإن البلدان الأعضاء في أوبك تعرف مسألة اقتصادية وهي أنه للحفاظ على مبيعات مُنتَج ما يجب أن يظل سعر هذا المُنتَج تنافسياً، فإذا كان يتحتم على النفط أن يبقى قادراً على المنافسة فإنه يجب أن يكون السعر بهذا الشكل بحيث يكون من غير الاقتصادي للبلدان المستهلكة للنفط أن تضع برامج تتعلق بالطاقة البديلة، وفي عام 1978 أوضح السيد صدام حسين (وهو نائب رئيس العراق آنذاك) ذلك للمؤلف بكل بساطة وفعالية.

ومع ذلك فإنه لأغراض التسعير فإنه يتم تصنيف النفط الخام بعامة على أساس الكثافة النوعية بحسب معهد البترول الأمريكي API والمحتوى الكبريتي (الفصل 4)، وعلى سبيل المثال يحتوي النفط الخام الخفيف على كثافة منخفضة ولزوجة منخفضة (لا توجد أرقام دقيقة مخصصة لذلك وذلك لأن التصنيف أكثر عملية ونظرية)، وأن المحتوى المنخفض من الكبريت يجعل نقله وتنقيته أسهل، ومن ثم يكون أكثر تكلفة للشراء، وعلى سبيل المثال

تصنـف صناعة البترول بعامة النفط الخام بحسـب الموقع الجغرافي الذي يتم إنتاجه فيه (من مثل غرب تكسـاس، أو برنت ، أو عُمان) والكثافة النوعية API ومحتواه من الكبريت.

إن النفط الخام الحلو الخفيف (كثافـة نوعية عالية API)(*) مرغوب فيه أكـثر من النفط الخام الحامض الثقيل (كثافة نوعيـة منخفضة API) وذلك لأنـه ينتج عائداً أعلى من البنزين (الجـدول 6-1) ، بينما يتطلب النفط الحلو سـعراً أعلى من النفط الحامض لأنه يحتوي على عدد أقل من المشـاكل البيئة، ويتطلب عمليات تكرير أقل لتلبية معايير الكبريت المفروضة على الوقود في البلدان المستهلكة، ولكل نفط خام خصائص جزيئية فريدة يمكن فهمها من خلال استخدام تحليل مقايسة النفط الخام في مختبرات البترول، والبعض من الخامات المرجعية الشائعة هي (الفصل 4):

- **غرب تكساس الوسيط (WTI)** : هو نفط خفيف عالي الجودة وحلو وخفيف يتم تسليمه في كوشينغ ، أوكلاهوما لنفط أمريكا الشمالية.
- **مزيـج برنت** : وهو يضم 15 نفطاً من حقول في نظامي برنت ونينيان في حوض شتلاند الشرقي ببحر الشمال، ويتم إنزال النفط في محطة Sullom Voe في جزر شيتلاند. يميل إنتاج النفط من أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط المتدفق إلى الغرب إلى أن يتم تسعيره من سعر هذا النفط، مما يشكل معياراً للتسعير.
- **دبي-عُمان** : وهو يُسـتخدم كمعيار لتدفق النفـط الخام عالي الكبريت في الشرق الأوسط إلى منطقة آسيا والمحيط الهادئ.
- **تابيس** من ماليزيا : وهو يُستخدم كمرجع لنفط الشرق الأقصى الخفيف.
- **ميناس** من إندونيسيا : وهو يُستخدم كمرجع لنفط الشرق الأقصى الثقيل.
- خام **سـلة أوبـك** المرجعية : وهو متوسط مرجح لخلطات النفط من مختلف بلدان أوبك.

(*) كثافة نوعية عالية API: تعنى كثافة منخفضة ولزوجة منخفضة للنفط ونفط عالي الجودة ومشتقات نفطية خفيفة كبيرة ، والعكس صحيح.

الجدول 6-1: مقارنة بين مقايسات النفط الخام الخفيف والنفط الخام الثقيل

حجم السائل٪	الحلو الخفيف	الحامضي الثقيل
الغاز (نقطة الغليان الأولية تصل إلى 99°F)	4.40	3.40
النافثا الخفيفةالمعتدلة (99 to 210°F)	6.50	4.10
النافثا (210 to 380°F)	18.60	9.10
الكيروسين (380 to 510°F)	13.80	9.20
نواتج التقطير (510 to 725°F)	32.40	19.30
زيت الغاز (725 to 1050°F)	19.60	26.50
البواقي + 1050	4.70	28.40
الكبريت %	0.30	4.90
API	34.80	22.00

يتم إنتاج كميات مُتناقصة من هذه النفوط المعيارية كل عام، لذلك فإنه يتم تسليم النفوط الأخرى بشكل أكثر شيوعاً، وفي حين أن السعر المرجعي قد يكون لغرب تكساس الوسيط WTI الذي يتم تسليمه في كوشينغ فإنه قد يتم خصم النفط الثقيل الكندي الفعلي الذي يتم تداوله في هارديستي Hardisty، ألبرتا Alberta، وبالنسبة لمزيج برنت فإنه يتم تسليمه في جزر شيتلاندز Shetlands، فقد يكون مزيج تصدير روسي يتم تسليمه في ميناء بريمورسك Primorsk.

لا يخضع سعر النفط الخام لتكوين النفط الخام فحسب، ولكن سعر النفط الخام هو مزيج من العوامل التالية:

1 - السعر الذي تحدده البلدان المنتجة.

2 - استمرار ارتفاع الطلب في العالم الصناعي كما يتضح من زيادة أعداد السيارات التي تستهلك الكثير من الوقود من مثل سيارات الدفع الرباعي.

3 - زيادة ملكية السيارات في العالم النامي، إذ تعمل الهند والصين بشكل سريع على تطوير البلدان التي تحتاج إلى البترول والمنتجات البترولية.

4 - مجموعة مـن العوامل الدولية من مثل حرب الخليـج الثانية، والتوترات الأمريكية الإيرانية، على سبيل المثال لا الحصر اثنين من الفئة الأخيرة.

ســاهمت كل من هذه العوامل بشكل كبير في سعر النفط الخام ، وساهمت الولايات المتحدة، عن حق أو خطأ في جميع القضايا المذكورة أعلاه تقريباً مع ارتفاع الطلب، وغزو العراق وزيادة التوتر مع إيران.

إن أســعار النفط الخام كانت رهينة الأحداث العالمية، كما أن تخفيضات الإنتاج أو زيادته من قبل أوبك تؤثر بشـكل خطير في السوق، ومنذ عام 2000 أثرت الأحداث السياسية التالية في أسعار النفط:

- دخول روسيا إلى السوق العالمية للنفط منذ عام 2000 فصاعداً.
- هجمات 11 سبتمبر 2001 على مركز التجارة العالمي
- بدء حرب الخليج الثانية في أوائل عام 2003
- التمرد في العراق (2003 حتى الآن).
- موسم الأعاصير لعام 2004 في الولايات المتحدة.
- إعصار كاترينا وريتا في عام 2005.
- بدء السباق النووي الإيراني في عام 2005
- ارتفاع الطلب الذي لا يمكن أن يلبي العرض.

لقد لعب كل ما ســبق دوره في تحديد ســعر البرميل، كما أثرت عدد من الأحداث بشـكل أكبر من غيرها، وكان التأثير الصافي هو تعرض مســتهلكي النفط الخام لأي من الأحداث العديدة التي يمكن أن تؤثر في السعر، لكن مع ذلك فإن الأحداث العالمية البارزة التي أثرت في أســعار النفط كانت حرب الخليج الثانية في عام 2003، وموسم الأعاصير لعام 2005 ، والتوتر النووي بين إيران والولايات المتحدة. على الرغم من إمكانية تصنيف أحداث الحادي عشر من سبتمبر في هذه الفئة، إلا أن أسعار النفط اندمجت من هذا الحدث الكارثي دون تغيير تقريباً. وفي الواقع فقد انخفض الطلب على النفط مباشرة بعد هجوم 11 سبتمبر ، مما أدى إلى خفض الإنتاج من قبل أوبك.

أدت حرب الخليج الثانية والتمرد في العراق في عام 2003 إلى قطع إمدادات النفط من العراق، وقد تسبب هذا في نقص في العرض ومن ثم ارتفاع الأسعار، وبحلول الربع الثالث من عام 2005 ارتفع سعر النفط إلى 45 دولار للبرميل، ولاحقاً ارتفع هذا السعر أكثر ثم استقر مؤقتاً عند نحو 50 دولار للبرميل.

كان لإعصاري كاترينا Katrina وريتا Rita اللذان ضربا ساحل الخليج بالولايات المتحدة في أواخر صيف عام 2005 تأثيراً كبيراً في أسعار النفط، ومع إغلاق عدد من مصافي النفط وتضرر عدد من منصات إنتاج النفط فقد ارتفع سعر برميل النفط الخام إلى 60 دولار للبرميل.

إن التوتر النووي الإيراني - الأمريكي خلق توتراً دولياً، إذ فشلت الوسائل السلمية لمطالبة الإيرانيين بالتوقف والكف عن برنامجها النووي، ولقد جعل قرار إدارة بوش غزو العراق خياراً عسكرياً (يتضمن توجيه ضربة لشل المنشآت النووية الإيرانية) احتمالاً واضحاً. أدى هذا إلى جانب الإنتاج المعطل في ساحل الخليج الأمريكي وإدارة العرض حسب الطلب من قبل أوبك، إلى مزيد من الحركة التصاعدية لأسعار النفط.

3-6: سعر النفط وتحليله

يُعد النفط الخام أحد المواد الأولية الطبيعية الرئيسة المستخدمة لتلبية متطلبات الطاقة للبشرية، وأن للتباين في الأسعار تأثير كبير في تنمية المجتمع، ويتم استخدام التنبؤات الخاصة بحجم استخراج النفط الخام عالمياً وإقليمياً ومعدلات الاستهلاك وأسعار النفط الخام ليس لتخطيط الاقتصادات الوطنية والعالمية فحسب، ولكن أيضاً لتطوير برامج استثمار مشروعات التكرير.

على الرغم من البعض من التكهنات باستنفاد احتياطيات النفط الخام في المستقبل القريب، فإنه ليس من المتوقع أن يتغير هيكل استهلاك الطاقة بشكل كبير، ومن المتوقع حدوث انخفاض هامشي في تأثير النفط الخام حتى عام 2030 (حتى نسبة 32%) ومعادلة توازن الطاقة للنفط الخام والغاز الطبيعي والفحم حتى منتصف القرن الحادي والعشرين.

تتمثل إحدى المزايا الرئيسة للنفط الخام كمصدر للطاقة في تطبيقه في قطاع النقل حيث توجد المنتجات المكررة بالنفط وتظل من دون منافسة جادة، ومع زيادة حركة السكان حول العالم كما يحدث حالياً في الهند والصين فإنه سيزداد الطلب على الوقود السائل في قطاع النقل على العكس من انخفاض استهلاك الطاقة في القطاعات الأخرى.

تتصرف أسعار النفط الخام من مثل أي سلعة أخرى ذات تقلبات كبيرة في الأسعار في أوقات النقص أو زيادة العرض، وقد تمتد دورة أسعار النفط الخام على مدى سنوات عدة وذلك استجابة للتغيرات في الطلب وكذلك العرض من أوبك وخارجها، لكن مع ذلك فإنه في الولايات المتحدة كان قد تم تنظيم سعر النفط الخام بشكل كبير من خلال التحكم في الإنتاج أو الأسعار طوال معظم القرن العشرين.

تعرضت صناعة النفط في الولايات المتحدة لدرجات متفاوتة من ضوابط الأسعار منذ أغسطس من عام 1971، عندما تم فرض ضوابط عامة على الأسعار على الاقتصاد الأمريكي بأكمله، ومع إلغاء الضوابط في الصناعات الأخرى، فقد تم فرض لوائح أسعار أكثر صرامة على صناعة النفط استجابةً للحظر النفطي في أكتوبر من عام 1973 وما أعقب ذلك من ارتفاع أسعار النفط العالمية أربع مرات (Helbling and Turley, 1975).

يهدف برنامج التحكم في أسعار النفط إلى تخفيف الأثر المحلي لارتفاع أسعار النفط الخارجية بشكل حاد، وفي هذا الصدد فإنه يمكن اعتبار جهود الضوابط ناجحة لأن السعر المحلي الفعال للبترول لا يزال في الواقع أقل من أسعار السوق العالمية. لكن مع ذلك فإن التحليل الاقتصادي يشير إلى أن الضوابط (1) ستصبح غير فعالة بمرور الزمن فيما يتعلق بالنية المذكورة أعلاه و (2) ستعزز قدرة الموردين الخارجيين على التلاعب بالأسعار.

باستخدام النظرية الاقتصادية كأساس فإنه يتم اشتقاق التأثيرات النهائية للضوابط في الإنتاج المحلي والواردات والسعر المحلي للنفط، وفي هذا الصدد فإن هناك اثنان من المفاهيم الأكثر شيوعاً وهما أن إزالة السيطرة ستؤدي

إلى (1) ارتفاع أسعار البترول المحلية و (2) زيادة الإنتاج المحلي وانخفاض الواردات.

تقوم مصافي النفط في الولايات المتحدة حالياً بمعالجة نحو 18 مليون برميل يومياً، ومن هذا المقدار فإنه يتم استيراد ما يقرب من 12 مليون برميل يومياً من بلدان أخرى، ولم تعتمد الولايات المتحدة دائماً إلى هذا الحد على إمدادات النفط الخارجية. في منتصف الستينات من القرن الماضي كانت واردات النفط تمثل 20% فحسب من إجمالي استهلاك الولايات المتحدة، وفي الواقع فإنه حتى وقت متأخر من عام 1971 كانت حصص الاستيراد على المنتجات البترولية موجودة، وذلك من أجل منع النفط الأجنبي الرخيص نسبياً من وضع منتجي النفط المحليين في وضع تنافسي غير مؤاتٍ.

انخفضت أسعار النفط من 147 دولار للبرميل إلى أقل من 40 دولاراً للبرميل في الأشهر من يوليو حتى 31 ديسمبر من عام 2008، لكن مع ذلك فإنه منذ عام 2003 حتى في الاتجاه الصعودي القوي لأسعار النفط كان هناك العديد من الانخفاضات في الأسعار التي تتراوح من 10% إلى 31%، لذا فإنه لا ينبغي أن يكون التراجع الأخير بنسبة 22% هو تراجع غير متوقع.

على الرغم من ذلك فقد رأى الكثيرون أن تراجع الأسعار هذا في عام 2008 يمثل اتجاهاً مستقراً ومستمراً إلى مستويات أقل بكثير وابتهجوا بالراحة الدائمة التي قد يجلبها النفط الأرخص بكثير، لكن مع ذلك فإنه يُعتقد أنه مع استنفاد مخزونات النفط بشكل أكبر وتصبح ذروة النفط حقيقة واقعة فإنه ستزداد أسعار الوقود السائل وستتقلب الأسعار بشكل كبير. مع تقلب الأسعار سيكون هناك تحول كبير بين الأسعار المرتفعة والأسعار المنخفضة، وأنه حتى لو كانت الأسعار المنخفضة أقل بكثير من الأسعار المرتفعة فلا ينبغي استخدام هذا كسبب للانسحاب من التحقيق في المصادر البديلة للوقود السائل، وكما هو عليه الحال مع أي سلعة أخرى فقد تراجعت أسعار النفط الخام وتقدمت مع التأثير الكلي (في السنوات الأخيرة) للانتقال إلى أسعار قياسية جديدة، ومن ثم فإن الاتجاه العام المحتمل لسعر النفط الخام

سيكون ارتفاعاً حاداً في الأسعار من مجموعة متنوعة من الأسباب الأساسية التي لا تعكس تغيرات أسعار العديد من السلع الأخرى، وفي الواقع فقد أثرت الأحداث السياسية والجيوسياسية العالمية والنمو الاقتصادي والركود في أسعار النفط على مدى عقود.

ما لم يقدم كونغرس حكومة الولايات المتحدة البعض من البدائل الأخرى للنفط المستورد فإنه ستقع أسعار النفط الخام خارج نطاق نفوذ الولايات المتحدة، وسيكون هناك تقلب في الأسعار يشمل الاختلافات بين الأسعار المنخفضة للغاية والأسعار المرتفعة للغاية.

إن ارتفاع أسعار النفط ليس مستساغاً أو في متناول العديد من الأمريكيين، وعندما يتعلق الأمر بسعر مرتفع أو نظام سعر متقلب حيث يمكن أن يتجاوز السعر المرتفع المتقلب للنفط السعر المرتفع المستقر، فإن المرء يتساءل أين يكمن اختيار الأفراد.

أخيراً فإن تجميع الأسعار يحدث عندما لا يتم توزيع أسعار المعاملات بالتساوي بين جميع القيم النهائية المحتملة، ولكنها تميل إلى التجمع حول أرقام زوجية، وقد يساعد تجميع الأسعار المتداولين على تبسيط المفاوضات، وقد يكون أيضاً مؤشراً على جودة السوق. تتجمع أسعار الأسهم على الكسور المستديرة وتجميع الأسعار مع ارتفاع مستوى الأسعار وتقلبها والانخفاض مع الرسملة وتكرار المعاملات (Harris,1991، Pirrong, 1996، 2001، Tse and Zabotina).

بالنسبة للمنتجات ذات الصلة التي يتم تداولها في أماكن متعددة فإن اكتشاف الأسعار يُعد أمراً ضرورياً في تحديد السوق المهيمن من حيث تطوير السعر الفعال الضمني للأصل، ومن ثم فإن أسعار العقود الآجلة ذات الحجم العادي لـ NYMEX ، والعقود الآجلة الإلكترونية المصغرة لـ NYMEX ، وأن العقود الآجلة الإلكترونية WTI ICE و USO ETF ترتبط ارتباطاً وثيقاً وتحركها المعلومات نفسها.

يتـــم الحفاظ على أســـعار العقود الآجلـــة للنفط الخـــام و العقود الآجلة الإلكترونية USO ETF في الأسواق المختلفة من الانحراف عن بعضها بسبب المراجحة بين الأســـواق، ومن ثم فإن هذه الأســـعار متكاملة بشـــكل مشترك وتتشـــارك في عامل واحد مشترك - ألا وهو الســـعر الفعال الضمني الذي يتم فيه تعريف مفهوم مشـــاركة المعلومات (IS) بالمســـاهمة النسبية لكل سوق في اكتشاف الأســـعار(Hasbrouck, 1995) . لكن مع ذلك فإن هذا لا يحدد الســـوق الذي لديه أفضل ســـعر، ولكن بدلاً من ذلك فإن أية سوق تتحرك أولاً في عمليـــة تصحيح الأســـعار(Hasbrouck, 2002)، وفي الواقع فإن حصة المعلومات في ســـوق التداول هي جزء من تباين العامل المشـــترك الذي يُعزى إلى الابتكارات في هذا الســـوق وســـيؤدي الترتيب المختلـــف للمتغيرات إلى إنتاج الحدود الدنيا والعليا لأســـهم المعلومات. لكن مع ذلك فإن العديد من الدراســـات الأخرى التي تســـتخدم بيانات التردد المنخفض تظهر اختلافات كبيرة بين الحدود الدنيا والعليا(Booth et al.، Huang,2002 ، Martens,1998 2002 ، وفي الواقع فإن متوســـط حصص المعلومات المقدمة من جميع الطلبات هو تقدير معقول لمســـاهمة السوق في اكتشاف الســـعر، وعلى غرار الأبحاث السابقة فإننا نكتشف نطاقاً واســـعاً بين تقديرات مشاركة المعلومات الدنيا والعليا (Baillie et al.,2002).

4-6: تشريح أسعار النفط الخام

يُعد النفط الخام أحد المواد الأولية الطبيعية الرئيســـة المستخدمة لتلبية متطلبـــات الطاقة للبشرية، ونتيجة لذلك فإن تباين الأســـعار له تأثير كبير في تنمية المجتمع. إن التنبـــؤات بالأحجام العالمية والإقليمية لإنتاج النفط الخام ومعدلات الاستهلاك وأسعار النفط الخام تستخدم ليس لتخطيط الاقتصادات الوطنية والعالمية فحسب، ولكن تستخدم أيضاً لتطوير منهجية التكرير.

لم يتغير نمط اســـتهلاك الطاقة منذ بداية هذا القرن تقريباً، وقد شـــمل اســـتخدام النفط الخام (39.3%) والغاز الطبيعي (22.6%) والفحم (20.8%) والمصـــادر المتجددة (3.9%) ومحطات الطاقـــة الكهرومائية (1.9%) والطاقة

النوويـة (10.6%) (IEA, 2008). على الرغم مـن البعض من التكهنات حول نضوب احتياطيات النفط الخام في المستقبل القريب، إلا أنه ليس من المتوقع أن يتغير هيكل اسـتهلاك الطاقة بشـكل كبير، ومن المحتمل حدوث تخفيض هامشي لدور النفط الخام في توليد الطاقة حتى عام 2030 ومعادلة توازن الطاقة للنفط الخام والغاز الطبيعي والفحم حتى منتصف القرن الحادي والعشرين.

مع انتشـار الألم الناجم عن ارتفاع أسعار النفط باستمرار الى جزء كبير من سـكان أمريكا والعالم، فقد سارع النقاد والسياسيون إلى إلقاء اللوم على مجموعة متنوعة من الأشرار: شركات النفط والمضاربين على السـلع الأساسية وأوبك والسياسـات المحلية لحكومة الولايات المتحدة، وبينما ساهم كل من هذه الأطراف في زيادة الأسـعار واسـتفاد منها، فإن النمو الحاد في تكاليف البترول يرجع بشكل أكبر إلى مزيج من ارتفاع الطلب الدولي وتراجع العرض.

يعتقد العديد من المستهلكين أن البلدان الأعضاء في أوبك تُقيد إنتاج النفط الخام، وعلى الرغم من أن أسـواق النفط الدولية تسعر وتخصص النفط الخام المنتج بكفاءة، فإن البعض من الاقتصاديين يعتقد أن كمية النفط الخام التي يتم إنتاجها هي دالة لقوة السوق، وأن ممارسة القوة السوقية هذه تؤدي إلى تضخم أسـعار النفط الخام العالمية بشكل كبير. على سبيل المثال ، كان بإمكان الشرق الأوسـط باحتياطياته الهائلة من النفـط (65% من الإجمالي العالمي) وآبار النفط عالية الإنتاج أن يكون لديه احتياطيات لإنتاج وبيع ما يكفي من النفط لتلبية الطلب العالمي الإجمالي بأقل من 5 دولارات للبرميل وهو ما زال يتمتع بعائدات حكومية كبيرة.

في حالة التقلبات الحالية في أسعار النفط فقد ظهر عامل آخر، فقد استمر الطلب على الطاقة في البـلدان الصناعية الناضجة في النمو إذ بدأ الطلب على الطاقة في الهند والصين في إحداث تأثير، وبحلول عام 2002 كانت وزارة الطاقة الأمريكيـة تتوقع أن الصين سـتتفوق قريباً على اليابـان وتصبح ثاني أكبر مستهلك للبترول في العالم، وأن آسيا النامية ككل ستتشكل نحو ربع الاستهلاك العالـمي بحلول عام 2020، ومن الواضح أيضـاً أن تباطؤاً لا لبس فيه في نمو

الإنتاج العالمي وهو علامة منبهة لنهج وشـيك للوصـول إلى ذروة النفط في الإنتاج العالمي (Klare, 2007).

مع وضع هذه الاتجاهات في الاعتبار فإنه قد حان الوقت مرة أخرى لإعادة النظر في السياسـات التي من شـأنها تقليل الاعتماد المستقبلي على النفط في الولايـات المتحدة، إذ يجب التأكيد على الحفـاظ على الطاقة، وتطوير مصادر الطاقة البديلة الصديقة للمناخ من مثل الوقود الحيوي وطاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الأرضية بحاجة إلى تعزيز ومتابعة حثيثة. لكن مع ذلك فإنه لا يزال هناك من يعتقد أنه في حين أن الحفاظ على الطاقة قد يكون علامة على الفضيلة الشخصية، إلا أنه ليس أساساً كافياً لسياسة طاقة سليمة وشاملة، فخلال هذا الوقت من الاسـتثمار في مصادر الطاقة الأخرى فإنه لا تزال هناك حاجة للاعتماد على النفط والغاز الطبيعي والفحم.

إن الاعتماد المسـتمر على النفط يعني بالطبع زيادة الاعتماد على البترول المستورد وبخاصة من الشرق الأوسـط، ولكن هناك حاجة إلى مراقبة دقيقة لتداعيات الاعتماد المستمر على النفط المستورد، وذلك لأن النفط من مصادر محلية أخرى من مثل محمية القطب الشمالي الوطنية للحياة البرية (ANWR) والمناطق البحرية المحظورة سـابقاً قد يقلل وحسب من الحاجة إلى الواردات نحو الولايات المتحدة بنسبة منخفضة.

وفي الواقـع فإن الاعتمـاد المتزايد على الـواردات يعني زيـادة التعرض للاضطرابات في التسـليم بسبب الحروب والاضطرابات السياسية، وأن زيادة المشاركة العسكرية في مناطق النفط الرئيسة في الخارج وبخاصة منطقة الخليج العربي ليس هو الحل. فضلاً عن ذلك فإن التهديدات التي تتعرض لها البلدان التي لا تتفق مع سياسـات الولايات المتحدة يمكن أن تسبب أيضاً اضطراباً في إمـدادات النفط الخـام، لكن من مثل هذه القرارات تكلف الشـعب الأمريكي مصداقية وثقة البـلدان الأجنبية وتقدم صورة الولايات المتحدة كشريك تجاري غير موثوق به.

عادة ما تؤدي من مثل هذه الإجراءات إلى ارتفاع أسعار النفط الخام، وفي حين أن هناك دائماً حجة مفادها أن الارتفاع في سعر النفط الخام يرجع إلى حد كبير إلى زيادة الطلب الذي يطارد التوسع غير الكافي في العرض، فإن سياسات الطاقة يمكن أن تزيد من حدة المشكلة.

في حين أن مصادر النفط الأخرى من مثل محمية الحياة البرية الوطنية في القطب الشمالي والمصدر البحري لن تعكس الانخفاض طويل الأجل في إنتاج النفط في الولايات المتحدة، إلا أنه ومن خلال تقليل الطلب فحسب فإنه بالإمكان تعديل قوى السوق الأساسية، وأن أفضل طريقة للقيام بذلك هي برنامج شامل للحفاظ على الطاقة وتوسيع النقل العام وتسريع تطوير بدائل الطاقة، ويجب أن لا ننسى أن تطوير تقنيات جديدة لاستخراج النفط من بئر مغلقة هي أمر ضروري أيضاً.

يشير التوافر الجاهز للعقود الآجلة والأسواق الفورية والعقود إلى أن أسعار السوق تعكس بدقة العرض والطلب الدوليين على النفط الخام، لكن يعتقد الكثيرون أن البلدان الأعضاء في أوبك تُقيد إنتاج النفط الخام، وعلى الرغم من أن أسواق النفط الدولية تسعر وتخصص النفط الخام الذي يتم إنتاجه بكفاءة، إلا أن معظم الاقتصاديين (ولكن ليس بأي حال من الأحوال) يعتقدون أن كمية النفط الخام التي يتم إنتاجها هي دالة لقوة السوق وأن ممارسة القوة السوقية هذه تنتج تضخماً كبيراً في أسعار النفط الخام العالمية. على سبيل المثال يؤكد فرانسيسكو بارا Francisco Parra وهو الأمين العام السابق لأوبك، أن منطقة الشرق الأوسط باحتياطياتها الهائلة (65% من الإجمالي العالمي) وآبار النفط الغزيرة الإنتاج كان من الممكن أن تمتلك، إذا كانت تفكر في ذلك احتياطيات مطورة لإنتاج وبيع ما يكفي من النفط لتلبية الطلب العالمي الإجمالي بأقل من 5 دولارات للبرميل مع الاستمرار في التمتع بعائدات حكومية كبيرة.

يتبادر إلى الأذهان هذا التساؤل الآتي وهو إذا قام كارتل أوبك برفع أسعار النفط الخام العالمية عن طريق تقييد الإنتاج، فهل أن ضوابط الأسعار لها ما

يبررها؟ إن الجواب ومن منظور اقتصادي هو لا، إذ لن تقلل ضوابط الأسعار المحلية من القوة السوقية لأوبك. إن الطريقة التي تم بها تنفيذ ضوابط الأسعار المحلية في الولايات المتحدة في سبعينات القرن الماضي أدت في الواقع إلى زيادة الطلب على واردات أوبك، ومن ثم زيادة أرباحها ومعاقبة المنتجين المحليين الذين ليسوا مخطئين في قرارات إنتاج أوبك، كما تقلل ضوابط الأسعار من الحوافز لزيادة الإنتاج سواء أكانت أوبك تخنق السوق أم لا، وأن ضوابط الأسعار المحلية تساعد محاولات الكارتل لتقييد العرض.

لقد تم التنبؤ باستهلاك النفط الخام وارتفاع الأسعار منذ منتصف القرن الماضي، وأنه يتوجب إجراء تقييم للاتجاهات طويلة الأجل المحتملة في تباين أسعار النفط الخام، إذ يتم تحليل تغير السعر لفترة زمنية طويلة بما فيه الكفاية، وقد يتم حذف الاختلافات العابرة التي ليس لها أهمية كبيرة، لكن مع ذلك فإنه من المناسب التحقيق في (1) سبب التغيير الحكيم لأسعار النفط الخام، و (2) العوامل الرئيسة التي تؤثر في سعر النفط الخام والسعر المتوقع.

بدأت أول زيادة متسارعة في أسعار النفط الخام على الفور في بداية الحرب العالمية الثانية، وبعد الحرب فقد تطلب تطوير الأنشطة الصناعية والزراعية مزيداً من الوقود والنفط الخام للأنشطة الزراعية ونقل البضائع من المصنع إلى المستهلك، وأعقبها زيادات هامشية في الأسعار لمدة عقدين (1950-1970)، مما سمح للطريقة الجديدة بالتطور. منذ ذلك الحين كانت الدوافع الرئيسة من زيادة الطلب على الطاقة والزيادة المتسارعة في أسعار النفط الخام هي زيادة عدد السكان وزيادة النشاط الاقتصادي، ويؤدي تبسيط كفاءة استهلاك الطاقة إلى التخفيف من هذا العامل وتحسين كفاءة محرك النقل وكفاءة إدارة قسم النقل بأكمله). بالإضافة إلى ذلك فإن التكلفة المتزايدة للعثور على النفط وتطويره تساهم أيضاً في زيادة أسعار النفط الخام، فعلى سبيل المثال قُدر في عام 2006 أن تكلفة البحث عن النفط وتطويره على أساس برميل النفط كانت أكبر بثلاث مرات مما كانت عليه في عام 1999 (Gonzalez, 2006).

5-6: تشريح أسعار البنزين

يمثل البنزين نحو 50% من اســتهلاك المنتجــات البترولية في الولايات المتحدة ويُعد سعر البنزين هو الأكثر وضوحاً من بين هذه المنتجات، وعلى هذا النحو فإن التغيرات في أســعار البنزين تخضع دائماً للتدقيق العام ويمكن أن تنشأ صدمات الأســعار في أي وقت من أسعار النفط الخام إلى السعر النهائي في مضخة البنزين، وأن الصدمات التي تنشــأ في خطوة وسيطة من مثل سعر الجملة للبنزين قــد تعكس مأزقاً (عنق الزجاجــة) في التوزيع، وفي حين أن صدمات الأسعار الناشــئة عن المنبع فإنه من المرجح أن تمثل آثار التباين في إمدادات النفط الخام، ومن المرجح أن تمثل صدمات الأســعار الناشــئة على مســتوى التجزئة تبايناً في الطلب على البنزيــن، وبالنظر إلى تاريخ صدمات إمدادات النفط والمؤشرات على أن الطلب على البنزين مســتقر نســبياً فإن الحدس يشير إلى أن صدمات الأسعار من المرجح أن تنشأ في المنبع وتنتقل إلى المصب (Norman and Shin, 1991;Balkeefa/., 1998).

أدت الزيادات الأخيرة في الأســعار إلى دعوة البعــض إلى فرض ضوابط فيدرالية على أســعار البنزين و/أو المنتجات النفطية ذات الصلة، بالإضافة إلى فرض شكل من أشكال ضريبة الأرباح غير المتوقعة على صناعة النفط.

يؤكد مؤيدو التدخل أن أســواق البنزين هي ليســت أســواق تنافسية (مع اتهام البعض للمنتجين بتواطؤ الأســعار)، وأن هوامش ربح الدهون تحفز القليــل من المعروض أكثر مما قد تحفزه هوامــش ربح صحية ولكنها معقولة ، وأن أرباح البنزين غير متوقعة وغير مكتســبة إلى حد كبير. ونتيجة لذلك فإن شركات النفط تجني أرباحاً جد كبيرة على حساب المستهلكين، وتؤكد أن ضوابط الأسعار و/أو ضرائب الأرباح المفاجئة ستعيد ببساطة توزيع الثروة من المنتجين إلى المستهلكين دون أي تأثير كبير في العرض.

ومع ذلك فقــد يؤدي التدخل الحكومي إلى تحســين الكفاءة الاقتصادية الشــاملة إذا كانت الأســعار لا تعكس التكاليف الإجمالية أو إذا كان السوق المعني غير قادر على المنافســة، ومهما كانت الأســواق غير كاملة فإن التدخل

الحكومي يطرح مشـــاكل جديدة، وبناءً على ذلك فإن الدليل على وجود عيوب في السوق هو شرط ضروري لتدخل الحكومة ولكنه ليس شرطاً كافياً لذلك.

وفي أســـواق البنزين فإنه لا يوجد دليل يدعم أي مطالبات فشـــل السوق بطريقة من شـــأنها أن تدعم خفض أســـعار البنزين، فعلى ســـبيل المثال: إن التكاليف الاجتماعية المرتبطة باستهلاك البنزين لا تنعكس بشكل كامل على ســـعر البنزين في المضخة، ولكن المعنى الضمني هو أن أسعار السوق للبنزين مقارنة بالأســـعار في العديد من البلدان المستوردة للنفط هي منخفضة للغاية - وليست جد مرتفعة.

ومع ذلك فإن القوانين التي تحظر منافذ بيع البنزين بالتجزئة من تســـعير البنزين بأقل من التكلفة من مثل حد أدنى إلزامي للعلامات التجارية أعلى من ســـعر الجملة المحدد قانوناً هي موجودة في العديـــد من الولايات الأمريكية، ويوجد لدى العديد من الولايات الأخرى قوانين الحد الأدنى العامة للرســـوم الجمركية التي تتعلق بالبنزين وكذلك المنتجات الأخرى، بينما تحظر الولايات الأخرى شركات النفط المتكاملة رأسياً من امتلاك منافذ بيع البنزين بالتجزئة. إن الغرض المقصود من هذه القوانين هو إبقاء البعض من الدخلاء خارج السوق من مثل (1) تلك الشركات التي قد تبيع البنزين بتكلفة الشراء أو بالقرب منها من أجل تشـــجيع حركة المرور ومن ثم بيع منتجات أخرى أكثر ربحية، و (2) تلك الشركات التي قد تخفض الأسعار التي يفرضها مشغلو التجزئة المستقلون، وهذا على حساب مستهلكي البنزين.

لكن أســـعار النفط الخام والبنزين يمكن أن تتباين حتى في أســـواق البنزين ذات المنافسة الكاملة، وأن الزيادة المؤقتة في أسعار البنزين عقب إعصار كاترينا توضح هذه النقطة، لقد تم إغلاق ما يقرب من مليوني برميل من طاقة التكريـــر يومياً (نحو 11% من إجمالي طاقة التكرير في الولايات المتحدة) وذلك نتيجة للعاصفة التي تسببت في تعطيل تسليم الوقود من مصافي ساحل الخليج، فانخفض المعروض من البنزين في منافذ البيع بالتجزئة بشـــكل كبير، ومن ثم زادت أسعار التجزئة بما يتجاوز ما كان متوقعاً من الانخفاض الإجمالي بنسبة

2% في إنتاج النفط الخام العالمي نتيجة للعاصفة، فضلاً عن ذلك فقد خفض إعصار ريتا Hurricane Rita طاقة التكرير الإضافية مما أدى إلى توقف إنتاج مليون برميل من البنزين يومياً.

إن تحليل أســعار التجزئة للبنزين هو تحليل مُعقد وذلك بسبب الفروق الكبيرة بالأســعار في أجزاء مختلفة من البلاد، وفي الواقع فإن ظاهرة الأسعار تُعرف عند مستويات الســوق المختلفة التي تميل إلى التحرك بشكل مختلف بالنسبة لبعضها البعض اعتماداً على الاتجاه بإسم عدم تناسق السعر، وبالنسبة للجمهــور فإن هذا عادةً ما يعني وببســاطة فكرة أن أســعار التجزئة ترتفع بشــكل أسرع من انخفاضها عند ملاحظتها خلال فترة ما، لكن مع ذلك فإن هناك ما هو أكثر بكثير من مســألة عدم تناسق الأســعار من مجرد السرعة التصاعدية والتنازلية لتحركات أســعار التجزئة، وبالنسبة للجزء الأكبر فإن أسعار التجزئة تتحرك استجابة للتغيرات في أسعار الجملة أو حتى أسعار المواد الخام بشكل أكبر في سلسلة التصنيع / التوزيع.

لذلك فإن فحص عدم تناســق الأسعار يجب أن يأخذ في الاعتبار السرعة والدرجة التي يتم بها تمرير تغيرات الأســعار على مستوى واحد إلى أسفل (أي من البيع بالجملة إلى البيع بالتجزئة)، وفي الدراسات السابقة لهذه الظاهرة كان الباحثون قد حددوا نوعين من عدم تناســق الأسعار:(1) عدم تناسق الكمية - إذ يختلف مقدار تغير الســعر النهائي بين البيع بالجملة والتجزئة و / أو بين الحركات التصاعدية والتنازلية، و(2)عدم تناســق النمط - إذ يحدث التغيير بمعدل مختلف بين مستويات السوق بحسب الاتجاه.

هناك مفهومان أساسيان يجب مراعاتهما عند تحليل سوق البنزين هما: عدم التماثل والتمرير، وكما لوحظ أعلاه فإن عدم التماثل يشــير إلى ارتفاع الأسعار وهبوطها بمعدلات مختلفة على مســتويات مختلفة في هيكل التسعير، لكن مع ذلك فإن التحليل هو تحليل معقد وذلك بســبب حقيقة أن هناك تأخيرات بين التغيرات في أسعار المنبع والتغيرات المقابلة في أسعار المصب. تستغرق تغييرات الأســعار الأولية وقتاً لتمريرها إلى أســعار المصب، وأن أوقات المرور تجعل من

الممكن نظرياً عدم وجود تناسق حقيقي في تحركات الأسعار، ولكن بسبب التباطؤ الزمني فإن الاختبار الإحصائي قد يُظهر وجود عدم تناسق.

على سبيل المثال إن تغيير السعر البسيط للغاية من مثل زيادة سعرية متناظرة بمقدار 0.5 دولار للغالون وزيادة السعر في المنبع على مدى 10 أسابيع يمكن أن يكون له عواقب غير عادية بسبب التأخر، وأن سعر المصب يبلغ ذروته بعد الحد الأقصى لسعر المنبع ويستغرق سعر المصب وقتاً أطول للعودة إلى التوازن مقارنة بسعر المنبع، ومن ثم فإن التباطؤات الزمنية في أي مكان في النظام يمكن أن تعطي مظهراً بأن الأسعار ثابتة في الاتجاه الهبوطي، في حين أن عدم التناسق الظاهر في الواقع هو ليس سوى قطعة أثرية من التأخيرات.

تُستخدم شروط أسعار المنبع وأسعار المصب لتمييز الوضع النسبي لسعرين في نظام التوزيع، إذ أن أسعار المنبع هي أسعار سلع أقرب إلى نقطة الإنتاج بالنسبة إلى أسعار المصب، وأن أسعار بنزين السيارات هي أقرب إلى نقطة الاستهلاك النهائية. على سبيل المثال فإن أسعار التجزئة للبنزين هي أسعار نهائية بالنسبة لجميع أسعار السلع الأخرى لأنها تشكل السعر الذي يتحمله المستهلك، وكذلك فإن أسعار البنزين الفورية في خطوط الأنابيب هي أسعار فورية للبنزين في ساحل الخليج الأمريكي لأنها أقرب إلى المستهلك.

وعلى العكس من ذلك فإن الأسعار الفورية لساحل خليج الولايات المتحدة USG هي أسعار أولية بالنسبة لأسعار خطوط الأنابيب الفورية، وذلك لأن الأسعار الفورية لساحل خليج الولايات المتحدة يتم إزالتها بشكل أكبر من الاستهلاك النهائي للبنزين وهي أقرب إلى جانب الإنتاج، وأن الأسعار الفورية للنفط الخام هي أسعار أولية لجميع أسعار بنزين السيارات وذلك لأنها أبعد ما تكون عن المستهلك النهائي.

6-6: تأثير سعة التكرير

ارتفع الطلب على المنتجات المكررة وبخاصة وقود النقل بشكل مطرد خلال الاعوام الماضية، ومع نمو الطلب على المنتجات البترولية فقد تغيرت جودتها وأدائها بشكل كبير نتيجة للوائح البيئية ومتطلبات أداء السيارات،

وأن صناعة التكرير تعمل بالفعـل على تحديث المرافق لإنتاج البنزين ووقود الديزل منخفض الكبريت وتقليل الآثار البيئية لعمليات المصنع.

كان ينظر إلى تسعينات القرن العشرين على نطاق واسع من قبل الصناعة على أنها فترة تقلبات اقتصادية تمـيزت بهوامش ربحية ضعيفة، وذلك نتيجة لزيـادة تكلفة الامتثال للوائـح البيئية واتجاهات أسـعار النفط الخام غير المؤاتية، وفي الوقت نفسـه أدت إعادة هيكلة الشركات ودمجها إلى إحداث تغيير جـذري في صناعة التكرير في الولايات المتحدة (Peterson and Mahnovski, 2003). بالإضافـة إلى ذلك فقد تم تغيير قائمة النفط الخام إلى مصافي التكرير لتشمل النفط الخام منخفض الكثافة النوعية API / النفط الخام عالي الكبريت (Swain, 1991,1993,1997, 2000) وكانت العمليات تعتمد بشكل كبير على قدرة عمليات المصفاة الحالية على قبول النفط الخام للإنتاج من المنتجات المختلفة (Speight, 2007).

تنتج أنواع مختلفة مـن النفط الخام مزيجاً مختلفاً مـن المنتجات وذلك اعتماداً على نوعية النفط الخام، وعادة ما يتم تمييز أنواع النفط الخام بحسـب كثافتها النوعية (التي تقاس بكثافة(API بالإضافة إلى محتواها من الكبريت، ويُعد النفط الخام ذو الكثافة المنخفضة بحسـب API من النفط الخام الثقيل، وهو عادة ما يحتوي على نسـبة عالية من الكبريت وعائـد أكبر من المنتجات منخفضـة القيمة. لذلك فإنه كلما انخفضت قيمة API للنفط الخام، انخفضت القيمـة التي يجب أن تحصل عليها من شركة التكرير لأنها إما تتطلب مزيداً من المعالجة أو تُنتج نسبة أعلى من المنتجات الثانوية ذات القيمة المنخفضة من مثل زيت الوقود الثقيل الذي يُباع عادةً بعائد أقل من النفط الخام.

6-6-1: أنواع المصفاة وألواح النفط الخام

إن المصفاة هي عبارة عن منشأة تقوم بتصنيع المُنتجات البترولية الجاهزة من النفط الخام والزيوت غير المكتملة وسوائل الغاز الطبيعي والهيدروكربونات الأخرى باسـتخدام الحرارة والضغط والمحفز والمواد الكيميائية، ولقد كانت المصافي المبكرة عبارة عن وحدات تقطير دفعية بسـيطة تعالج مئات براميل

النفط الخام يومياً من حقـــل واحد أو مجموعة صغيرة من الحقول، أما المصافي الحالية فهي منشـــآت مُعقدة ومتكاملة للغاية تحتوي على عشرات أو أكثر من وحدات المُعالجة القادرة على التعامل مـــع العديد من النفوط الخام من جميع أنحاء العالم بقدرات تتراوح عموماً من 100,000 إلى 500,000 برميل يومياً.

إن كل نفـــط خام يتم إنتاجه في العالم له تركيبة كيميائية فريدة من نوعها ســـتحدد الطريقة المثلى لمعالجة الخـــام وقائمة المنتج النهـــائي، يحتوي الزيت الخام على نواتج تقطير مختلفة التركيب والشـــكل الجزيئي وخصائص الاحتراق والشـــوائب من مثل المعـــادن ومكونات الإســـفلت والنيتروجين والكبريت (Speight, 2007). كما تختلف الأنواع والحجم والعدد وتسلســـلات التدفق لـــكل مصفاة، وذلك اعتماداً على جودة مدخـــلات النفط الخام، ولائحة المُنتج الناتج وجودته، والظروف البيئية والسلامة والظروف الاقتصادية.

تتطور مصـــافي التكرير مع التغـــيرات في طلب الســـوق والمواد الأولية ومواصفات المُنتجات والتنظيم البيئي، وأنها عادةً ما ستمتلك وحدات معالجة جد قديمة وحديثة أيضاً، وفي معظم المصافي تسمح متغيرات التشغيل من مثل درجة الحرارة والضغط ووقت البقاء وجودة التغذية ونقاط القطع ونسبة الغاز المعاد تدويره وسرعة الفضاء والمحفز لمصـــافي التكرير بموازنة المواد الأولية والمنتـــج والجودة. تُعد حـــدود هذه المتغيرات فريدة بالنســـبة لتصميم المصنع وطبيعة متطلبات المدخلات والمخرجات، وبالنسبة لمواد وسيطة وحزمة محفز معينة فإن درجة المعالجة والتحويل تزداد مع شدة العملية، وسيؤثر نوع وحدات المعالجـــة في المصفاة على اختيار المصفاة للنفط الخام، وأن المصافي تنقســـم إلى أربع فئات رئيسة هي:

1 - أعلى مصفاة Topping refinery

2 - مصفاة القشط المائي Hydro skimming refinery

3 - مصفاة التكسير Cracking refinery

4 - مصفاة التكويك. Coking refinery.

إن المصفاة Topping refinery هي أبسط مصفاة وتتكون من وحدة التقطير فحسب وربما تتكون من محفز لتوفير الأوكتان، وأنه عادةً ما تتم معالجة المكثفات أو الخام الخفيف الحلو فحسب في هذا النوع من المنشآت ما لم تكن أسواق زيت الوقود الثقيل متاحة بسهولة واقتصادية، وتتصدر مصانع الإسفلت المصافي التي تقبل النفط الخام الثقيل الذي ينتج منه الإسفلت.

إن المستوى التالي من التكرير هو مصفاة القشط المائي Hydro skimming، وهي مجهزة بوحدة تقطير بالإضافة إلى عمليات إصلاح النافثا والمعالجة الضرورية، وهذه المصفاة هي أكثر تعقيداً من مصفاة التكرير topping refinery وأنها تنتج البنزين. تُستخدم مصفاة التكسير cracking refinery لمعالجة جزء زيت الغاز من وحدة التقطير الخام (تيار غليان أعلى من وقود الديزل ولكن غليان أقل من زيت الوقود الثقيل) وتحويله إلى بنزين ومكونات مقطرة باستخدام محفزات ودرجة حرارة عالية وضغط مرتفع.

إن المستوى الأخير من التكرير هو مصفاة التكويكcoking refinery وهي تقوم بمعالجة الوقود المتبقي، وهو أثقل مادة من وحدة الخام وتقوم بتكسيره حرارياً إلى مُنتَج أخف في وحدة التكويك أو وحدة التكسير الهيدروجيني. إن إضافة وحدة التكسير التحفيزي للسوائل (FCC) أو وحدة التكسير الهيدروجيني تؤدي إلى زيادة إنتاجية المنتجات عالية القيمة من مثل البنزين وزيت الديزل من برميل النفط الخام، مما يسمح للمصفاة بمعالجة خام أرخص وأثقل، مع إنتاج مكافئ أو أكبر حجم من المنتجات عالية القيمة. إن معالجة القشط المائي هي عملية تستخدم لإزالة الكبريت من المنتجات النهائية، ومع زيادة الحاجة إلى إنتاج منتجات ذات نسبة كبريت منخفضة للغاية فإنه تتم إضافة قدرة معالجة هيدروجينية إضافية إلى المصافي، وأن المصافي التي تتمتع بقدرة كبيرة على المعالجة بالهيدروجين تتمتع بالقدرة على معالجة النفط الخام ذي المحتوى العالي من الكبريت، وتتنوع تقنيات العملية في مصفاة التكويك من التقطير إلى التكويك، والتكسير التحفيزي، وإعادة التشكيل التحفيزي، والتكسير الهيدروجيني التحفيزي، والمعالجة الهيدروجينية التحفيزية، والألكلة،

والبلمرة، واستخراج المواد العطرية، والأزمرة، والتشبع بالأوكسجين، وإنتاج الهيدروجين(Gary et al. 2007, Speight 2007).

بالإضافة إلى ذلك فإنه من المتوقع أن تتغير قائمة النفط الخام بشكل كبير في السنوات المقبلة إذ ستزيد المصافي من قدرتها على معالجة النفط الخام الثقيل والخامات الاصطناعية منخفضة الجودة، وستميل المصافي التي تعتمد على النفط الخام المستورد إلى معالجة قائمة خام أكثر تنوعاً من نظيراتها إذ سيتم شحن النفط من رأس بئر محلية، وستتمتع هذه المصافي بالقدرة على شراء النفط الخام المنتج تقريباً في أي مكان في العالم، ومن ثم فإنها ستتمتع بالمرونة في قرارات شراء النفط الخام.

مع استمرار نضوب إمدادات النفط الخام الخفيف الحلو ستتجه المصافي بشكل متزايد إلى الخام الثقيل الكبريتي، لكن ليس هناك ما يكفي من مصافي التكرير التي لديها طلب حتى الآن على النفط الحامضي الثقيل، لذلك فإنه يتم الاتجار به بخصم كبير قياساً على النفط الخام الخفيف، سيتغير هذا بالطبع مع تركيب المزيد من وحدات التكويك في المصافي، وسيكون هناك طلب أعلى على النفط الخام الثقيل، وستصبح سوق الإسفلت أكثر ربحية طالما أن البواقي سيتم توجيهها إلى وحدات التكويك لزيادة إنتاج السوائل، ومن ثم فإن الاقتصاد حالياً يُفضل تركيب وحدات تكويك ومعالجات مائية للتعامل مع الخام الثقيل الحامضي، وسيستمرون في القيام بذلك طالما أنهم يتداولون الخام الثقيل بخصم كبير قياساً إلى الخامات الخفيفة الحلوة.

إن تركيب قدرة تحويل إضافية يزيد من إنتاجية المنتجات النظيفة ويقلل من إنتاج زيت الوقود الثقيل، لكن مع ذلك فقد تؤدي زيادة قدرة التحويل بعامة إلى زيادة استخدام الطاقة، ومن ثم إلى ارتفاع تكاليف التشغيل، ويجب موازنة هذه التكاليف التشغيلية والرأسمالية المرتفعة مقابل التكلفة المنخفضة للنفط الخام الثقيل، ومع زيادة إنتاج النفط الخام الثقيل وانخفاض إنتاج النفط الخام الخفيف التقليدي، فقد قامت العديد من المصافي بالاستثمارات المطلوبة لمعالجة الإمداد المتزايد من النفط الخام الثقيل، وأن جزءاً كبيراً من

هذا الاستثمار هو من قبل شركات النفط المتكاملة الكبيرة - تلك التي تشارك في كل من إنتاج النفط الخام وتصنيع المنتجات البترولية وتوزيعها.

ومن ثم فإن تكوين المصفاة يتأثر أيضاً بطلب المنتج، فعلى سبيل المثال يكون الطلب على البنزين في الولايات المتحدة أكبر بكثير من الطلب على نواتج التقطير، ومن ثم فإن المصافي تقوم بتكوين منشآتها لزيادة إنتاج البنزين إلى الحد الأقصى، ومن ناحية أخرى فإنه في العديد من بلدان أوروبا الغربية وأبرزها ألمانيا وفرنسا توجد لديهما سياسات تشجع على استخدام محركات الديزل، مما يخلق مكوناً أقوى بكثير من نواتج التقطير.

إن العلاقة بين مبيعات البنزين ونواتج التقطير يمكن أن تخلق تحديات لمصافي التكرير، إذ تتمتع المصفاة بنطاق محدود من المرونة في تحديد نسبة إنتاج البنزين إلى نواتج التقطير، وبعد نقطة معينة فإنه لا يمكن زيادة إنتاج نواتج التقطير إلا من خلال زيادة إنتاج البنزين أيضاً.

6-6-2: طاقة التكرير الأمريكية

إن قدرة التكرير في الولايات المتحدة ، مقاسة بقدرة المعالجة اليومية لوحدات تقطير النفط الخام وحدها بدت مستقرة نسبياً في السنوات الأخيرة عند نحو 18 مليون برميل يومياً من القدرة التشغيلية، وفي حين أن المستوى يمثل انخفاضاً عن السعة التي كانت موجودة قبل عشرين عاماً فإن المصافي الأولى التي تم إغلاقها مع انخفاض الطلب في أوائل ثمانينات القرن العشرين كانت تلك المصافي لديها القليل من القدرة على المعالجة النهائية، كما أصبحت المرافق الصغيرة التي تقتصر على التقطير البسيط غير اقتصادية وذلك لأن الحاجة إلى المعالجة النهائية أصبحت ضرورة، فقد تم إغلاق مصافي تكرير إضافية في أواخر الثمانينات وفي أثناء التسعينيات وذلك بسبب عدم ربحيتها، وفي الوقت نفسه كانت المصافي قد حسنت من كفاءة وحدات تقطير النفط الخام التي ظلت في الخدمة عن طريق إزالة الاختناقات لتحسين التدفق ومواءمة السعة بين الوحدات المختلفة ومن خلال التحول أكثر فأكثر إلى تحكم الكمبيوتر في المعالجة الشاملة.

فضلاً عن ذلك فإنه بعد الحاجة إلى منتجات غير ضارة بالبيئة وكذلك الاقتصادات التجارية فقد عززت المصافي رفع قدرتها (المعالجة النهائية)، ونتيجة لذلك لم تعد قدرة وحدات المصب بمثابة عامل مقيد لكمية النفط الخام التي تتم معالجتها من خلال نظام تقطير الزيت الخام، وفي الواقع فقد استمرت مدخلات النفط الخام في المصافي في الارتفاع، ومعها ارتفعت طاقة التكرير خلال معظم التسعينات وبلغ استخدام المصافي مستويات قياسية في النصف الأخير من العقد، وفي الولايات المتحدة يعد ساحل الخليج هو الرائد في طاقة التكرير وهو المُوَرِد الرئيس للبلاد من المنتجات المكررة كما هو عليه الحال مع النفط الخام.

3-6-6: طاقة التكرير العالمية

في حين أن الشرق الأوسط وهو أكبر منطقة منتجة للنفط الخام فإن الجزء الأكبر من التكرير يحدث في الولايات المتحدة أو أوروبا أو آسيا وذلك لأنه كان من الأرخص نقل النفط الخام إلى المناطق المستهلكة بدلاً من نقل المنتجات، وأن القرب من الأسواق المستهلكة جعل الاستجابة أسهل لارتفاع الطلب الناتج عن الطقس أو قياس التحولات الموسمية، ومن ثم فإن أكبر تركيز لقدرة التكرير يقع في الولايات المتحدة، إذ يمثل نحو ربع قدرة تكرير النفط الخام في جميع أنحاء العالم، وأيضاً تمتلك الولايات المتحدة وإلى حد بعيد أكبر تركيز لوحدات المعالجة (سعة المصب) وذلك لتعظيم إنتاج البنزين.

كانت طاقة التكرير العالمية في عام 2007 بحدود 87,913,000 برميل يومياً، وهي أقل بشكل هامشي مما هو مطلوب حالياً على الرغم من أن إنتاجية المصافي لعام 2007 كانت بحدود 75,545,000 برميل يومياً - بمعدل استخدام 86% (BP, 2008). فضلاً عن ذلك فقد بلغ استهلاك النفط العالمي لعام 2007 ما مقداره 85,220,000 برميل في اليوم ، وكان الفرق بين الاستهلاك وإنتاجية المصافي هو كمية النفط الخام المستخدمة مباشرة كوقود في مختلف الصناعات.

ومع وجود طاقة أخرى تتراوح بين ثمانية ملايين إلى عشرة ملايين برميل يومياً ستبدأ في العمل في السنوات الأربع إلى الخمس المقبلة، فإنه من المحتمل

أن تحتفظ المصافي بقدرة تكرير زائدة عن الإنتاج، ومع ذلك فإن الوضع يعتمد على المعدل الذي يستمر فيه نمو الطلب على المُنتَج.

لقد تم تحديد قدرة التكرير المقيدة بشكل متكرر على أنها أحد الأسباب الرئيسة لارتفاع أسعار النفط الخام على مدى العامين الماضيين، لكن طاقة التكرير ستبدأ في التوسع في وقت لاحق من هذا العام وتستمر بعد عام 2009، وستبدأ معظم الطاقة الإنتاجية في آسيا والشرق الأوسط مدفوعة بالطلب على نواتج التقطير الوسطى وستتمتع المصافي الجديدة بقدرة ترقية ستجعل تلبية الطلب على زيت الغاز أسهل قليلاً، ويعد توسيع قدرة الترقية العالمية بإحداث فرق كبير في السوق مما يزيد من القدرة على ترقية المواد الخام الثقيلة عالية الكبريت إلى نواتج التقطير.

بالإضافة إلى الكثافة النوعية API والمحتوى الكبريتي، فإن التركيب الكيميائي والخصائص الطبيعية الأخرى للنفط الخام تؤثر في تكلفة المعالجة أو تحد من ملاءمة النفط الخام لتصنيع منتجات محددة، كما أنها تحدد ما إذا كان بالإمكان استخدام خامات النفط الخام في تصنيع منتجات خاصة من مثل زيوت التشحيم و / أو المواد الأولية البتروكيماوية.

لذلك فإن المصافي تسعى إلى تشغيل المزيج الأمثل من الخامات من خلال مصافيها وذلك اعتماداً على معدات المصفاة ومزيج الإنتاج المطلوب والسعر النسبي للخامات المتاحة، ولقد واجهت المصافي في السنوات الأخيرة قوتين متعارضتين هما : (1) تفويضات المستهلك والحكومة التي تطلبت بشكل متزايد منتجات خفيفة ذات جودة أعلى (أصعب إنتاجاً)، و(2) إمدادات النفط الخام التي كانت تتجه بشكل متزايد نحو الزيوت الثقيلة ذات الكثافة النوعية المنخفضة بحسب معهد البترول الأمريكي API والمحتوى الكبريتي العالي.

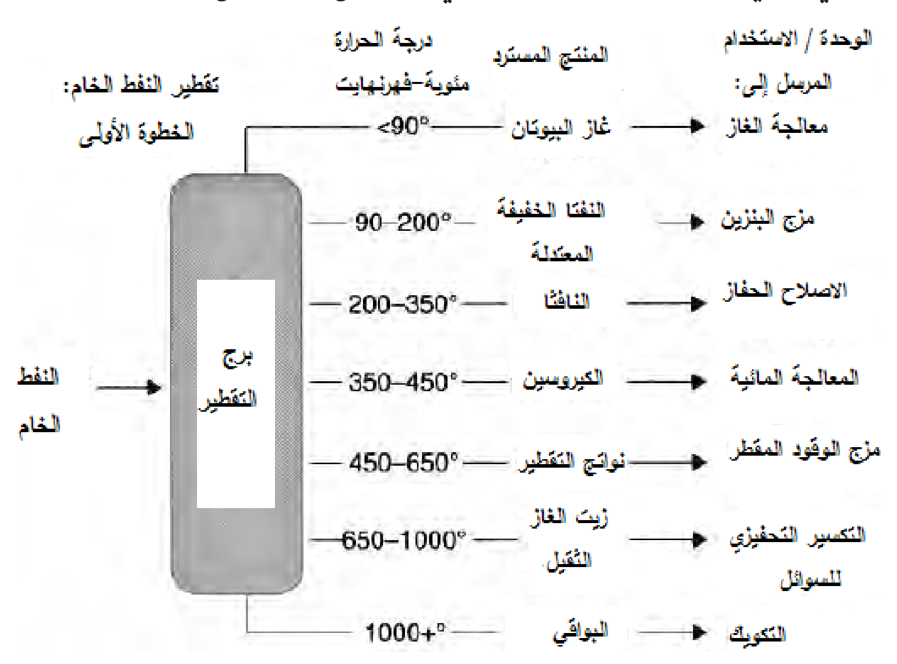
4-6-6: اقتصاديات التكرير والتكرير

إن مصفاة البترول هي منشأة تقوم بتصنيع المنتجات البترولية الجاهزة من النفط الخام والزيوت غير المكتملة وسوائل الغاز الطبيعي والمواد الهيدروكربونية الأخرى والكحول، وتشمل المنتجات البترولية المكررة على سبيل المثال لا

الحصر البنزين والكيروسين وزيوت الوقود المقطر (بما في ذلك زيت الوقود رقم 2) وغاز البترول المسال والإسفلت وزيت التشحيم ووقود الديزل والوقود المتبقي.

تكلف المصفاة الكبيرة النموذجية مليارات الدولارات للبناء وملايين أخرى للصيانة والتحديث، وهي تعمل على مدار الساعة 365 يوماً في السنة، ويعمل بها ما بين 1000 و 2000 شخص، ويمكن أن تشغل ما يصل إلى قسم واحد (1 ميل مربع ، 640 فداناً) من الأرض، وأن العديد من المصافي من هذا الحجم بحيث أن العمال يركبون الدراجات، أو أي شكل آخر مناسب من وسائل النقل للانتقال من محطة إلى أخرى.

يختلف تعقيد معدات المصافي من مصفاة إلى أخرى، وبعامة فإنه كلما كانت المصفاة أكثر تطوراً كانت قدرتها أفضل على ترقية النفط الخام إلى مُنتجات عالية القيمة، لكن مع ذلك فإنه سواء أكانت المصفاة بسيطة أم معقدة فإن جميع المصافي تؤدي ثلاث خطوات أساسية هي : الفصل والتحويل والمعالجة.



الشكل 6-1: رسم تخطيطي لتقطير النفط الخام

ومــن ثم فإنه على الرغم من اختلاف الخصائــص الفيزيائية والكيميائية للزيوت الخام، فإن عملية التكرير الأساسية هي التقطير البسيط (أو الفصل) (الشكل 6-1)، ونظراً لأن النفط الخام يتكون من خليط من الهيدروكربونات فإن عملية التكرير الأولى والأساســية هــذه تهدف إلى فصل النفط الخام إلى كســور أو نطاقات غليان واســعة من مكونــات الهيدروكربونات المختلفة. يسخن النفط الخام ويوضع في عمود التقطير وتغلي المنتجات المختلفة ويمكن الحصــول عليها في درجات حرارة مختلفــة. إن المنتجات الأخف بما في ذلك الغازات البترولية السائلة (LPG) والنفتا وما يسمى بالبنزين المستقيم (أي جزء البنزين المقطر مباشرة من النفط الخــام دون مزيد من المعالجة) يتم الحصول عليها عنــد أدنى درجات الحرارة، وأن نواتج التقطير الوســطى من مثل وقود الطائرات والكيروسين وزيت التدفئة المنزلية ووقود الديزل المقطر يتم الحصول عليها بعد ذلك. أخيراً فإنه يتم استخلاص الكسور ذات الوزن الجزيئي الأعلى (زيت الوقود المتبقي والفراغ)، وتتبع المعالجة الإضافية التقطير الخام وتتضمن اســتخدام مجموعة متنوعة من الوحدات شــديدة التعقيد المصممة لعمليات ترقية مختلفة للغاية لإنتاج المنتجات ذات الوزن الجزيئي الأقل المرغوب فيها.

عند هــذه النقطة فإنه يتم إرســال أجزاء الغليان الســفلية من برج التقطير إلى وحدات المعالجة، بينما يتم تحويل أجزاء الغليان الأعلى إلى تيارات (مكونات وسيطة) التي تصبح في النهاية منتجات نهائية من مثل البنزين.

إن طريقة التحويل الأكثر اســتخداماً (الكراك) تســتخدم درجة حرارة وضغط مرتفعين لتحويل الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي العالي (الغليان العالي إلى منتجات ذات وزن جزيئي منخفض (غليان منخفض)، وأن التكسير التحفيزي catalytic cracking للسوائل (يشار اليه اختصاراً بـ cat cracking) هو عملية صنع البنزين الأساسية، وباســتخدام حرارة مرتفعة تبلغ نحو 500 درجة مئويــة و 932 درجة فهرنهايت وضغط منخفــض ومحفز (مادة تسرع التفاعلات الكيميائية) فإنه يمكن لجهاز التكسير التحفيزي للسوائل تحويل معظم الأجزاء الثقيلة نســبياً إلى مكونات بنزين ذات وزن جزيئي أقل. يطبق

التكسير الهيدروجيني المبادئ نفسها، ولكنه يستخدم محفزاً مختلفاً ودرجات حرارة أقل قليلاً تبلغ نحو 450 درجة مئوية و842 درجة فهرنهايت وضغط أكبر بكثير، وهيدروجين للحصول على التحويل إلى المنتجات المطلوبة.

يستخدم البعض من المصافي وحدات فحم الكوك التي تستخدم حرارة تبلغ نحو 500 درجة مئوية، 932 درجة فهرنهايت لتحويل بقايا التقطير إلى منتجات منخفضة الغليان وفحم الكوك، التي يمكن استخدامها كوقود صناعي.

إن التكسير والفحم ليس الأشكال الوحيدة للتحويل وعمليات التكرير الأخرى، فبدلاً من تقسيم الجزيئات قم بإعادة ترتيبها لإضافة قيمة، فالألكلة Alkylation على سبيل المثال تصنع مكونات البنزين عن طريق الجمع بين عدد من المنتجات الغازية الثانوية للتكسير، وتستخدم عملية الإصلاح الحرارة والضغط المعتدل والمحفزات لتحويل النفتا وهو جزء منخفض الغليان ومنخفض القيمة نسبياً إلى مكونات بنزين عالي الأوكتان، ولتصنيع البنزين تجمع المصافي بعناية مجموعة متنوعة من التدفقات من وحدات المعالجة لإنتاج المنتج المخلوط الذي يباع كبنزين، وقد تحتوي منتجات البنزين النهائي على أكثر من 200 هيدروكربونات فردية وإضافات بحيث يلبي المنتج المواصفات المحددة.

إن جودة النفط الخام تحدد مستوى المعالجة وإعادة المعالجة اللازم لتحقيق المزيج الأمثل لإنتاج المنتج، ومن ثم فإن فروق الأسعار والأسعار بين النفط الخام تعكس أيضاً السهولة النسبية للتكرير. يحتوي النفط الخام المتميز من مثل خام غرب تكساس الوسيط WTI وهو النفط الخام القياسي الأمريكي (الفصل 4) على عائد طبيعي مرتفع نسبياً من النافثا المرغوب فيه والبنزين المباشر، وأن النفط الخام غير الممتاز والنفط الخام الخفيف بوني النيجيري Bonny Light crude oil لديه عائد طبيعي مرتفع من نواتج التقطير المتوسطة. على النقيض من ذلك فإن ما يقرب من نصف ناتج التقطير البسيط من النفط الخام العربي الخفيف الخام القياسي التاريخي هو عبارة عن بقايا ثقيلة أو "بقايا" يجب إعادة معالجتها أو بيعها بخصم وأقل من النفط الخام، حتى أن

نفط غرب تكساس المتوسط وخام بوني الخفيف النيجيري ينتج عنه نحو الثلث المتبقي بعد عملية التقطير البسيطة.

أدى النمو في الطلب على المنتجات البترولية في السنوات الأخيرة إلى تحسن في استخدام القدرات، وزيادة كفاءة التشغيل وخفض التكاليف لكل وحدة إنتاج، وتعتمد سعة المصفاة على الحجم المصمم لوحدة (وحدات) تقطير الخام لمصفاة - يشار إليها غالباً بإسم السعة اللوحية. من حين لآخر، ومن خلال عمليات الترقية أو إجراءات إزالة الاختناق فإنه يمكن لمصافي التكرير معالجة النفط الخام أكثر مما يشير إليه حجم لوحة التقطير، وفي من مثل هذه الحالات تكون المصفاة قادرة على تحقيق معدل استخدام أكبر من 100% لفترات زمنية قصيرة.

أخيراً فإنه ليست كل قرارات الاستثمار هي مدفوعة باقتصاديات المصفاة، إذ أن المصافي تتخذ أيضاً قرارات استثمارية بسبب الإجراءات الطوعية أو المتطلبات التشريعية والتنظيمية، وفي السنوات الأخيرة بذلت الحكومات والصناعة جهوداً كبيرة نحو تقليل الأثر البيئي لحرق الوقود الأحفوري.

تهدف العديد من المبادرات إلى توفير وقود أنظف، وأن تكرير البترول هو صناعة معقدة للغاية وكثيفة لرأس المال، وتتطلب اللوائح البيئية الجديدة من الصناعة إجراء استثمارات إضافية للوفاء بالمعايير الأكثر صرامة، وأن متغير التشغيل النهائي في اقتصاديات التكرير هو سعر النفط الخام. إذ يمكن أن يكلف النفط الخام الثقيل عالي الكبريت ما يصل إلى الثلث أقل من النفط الخام الخفيف منخفض الكبريت، ولكن نظراً لأن النفط الخام عالي الكبريت يتطلب مزيداً من المعالجة فإن المصافي التي تشتري هذه النفوط الخام الرخيصة عادة ما تكون مصروفات ثابتة أعلى للمعدات والعمالة، وفي الواقع فإن معالجة النفط الخام الذي يحتوي على نسبة عالية من الكبريت تتطلب نفقات أكبر للطاقة التي قد تصل إلى 50% من تكلفة تشغيل المصفاة، وهناك متغير آخر ألا وهو موقع المصفاة وبقدر ما تكون المصفاة أقرب إلى مصدر

النفط الخام وسوق الطلب المرتفع، سيتبعها انخفاض في تكاليف النقل للمواد الأولية الواردة والمنتجات الصادرة.

7-6: التوقعات

إن النفط الخام هو شريان الحياة لاقتصاد الولايات المتحدة ولأكثر من قرن لعب دوراً مهيمناً في الاقتصاد، ويمثل النفط حالياً ما يقرب من 40% من إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة. لكن مع ذلك فإنه في حين نما الاقتصاد الأمريكي بشكل ملحوظ عند 63% بعد عام 1985 فقد نما استهلاك النفط بشكل أبطأ بكثير عند 25%، ومن ثم فإن اعتمادنا على النفط أقل بكثير مما كان عليه الحال في عام 1973 وهو عام الحظر النفطي العربي.

ومع ذلك فإنه مع خروج الولايات المتحدة من الركود الحالي والنمو الاقتصادي خلال العقود القليلة القادمة، فإن الطلب على النفط سينمو أيضاً، ووفقاً لإدارة معلومات الطاقة الأمريكية EIA فإنه من المتوقع أن يرتفع الطلب على النفط في الولايات المتحدة من متوسط سنوي مقداره 19.7 مليون برميل يومياً إلى أكثر من 26 مليون برميل يومياً في عام 2020، وفي الوقت نفسه تشير التوقعات إلى أن النفط المحلي من المرجح أن يشهد إنتاجه في الولايات المتحدة نمواً ضئيلاً إن وجد، فإنه من المرجح أن ترى انخفاضاً في ضوء الحكم السيئ من قبل كونغرس الولايات المتحدة في عدم البحث عن مصادر بديلة للطاقة. لذلك ستعتمد الولايات المتحدة بشكل متزايد على المصادر الأجنبية لتلبية احتياجاتها النفطية، وحالياً فإنه يتم استيراد أكثر من 65% من النفط الخام ومنتجات النفط الخام المستخدمة في الولايات المتحدة من مصادر أجنبية، وعلى مدى العقدين المقبلين فإنه من المتوقع أن تزداد واردات البترول والمنتجات البترولية بأكثر من 6 ملايين برميل يومياً مع زيادة استهلاك النفط.

يُظهر السجل التاريخي تبايناً كبيراً في أسعار النفط العالمية، فهناك احتمال لمزيد من عدم اليقين بشأن الأسعار المستقبلية عند فحص فترات زمنية أطول، ومن الممكن النظر في ثلاث حالات أسعار لتوضيح عدم اليقين بشأن آفاق

موارد النفط العالمية في المستقبل (Annual Energy Outlook, 2008). في الحالة المرجعية ترتفع أسعار النفط العالمية بشكل معتدل من المستويات الحالية (نحو 39 دولار للبرميل) إلى نحو 57 دولار للبرميل في عام 2016، وتبدأ في الارتفاع مرة أخرى إذ يبلغ الإنتاج في مناطق غير الأعضاء في أوبك ذروته، ويستمر في الارتفاع إلى 70 دولار للبرميل في عام 2030 (جميع الأسعار بدولارات عام 2006).

تعكس حالات الأسعار المنخفضة والمرتفعة نطاقاً واسعاً من المسارات المحتملة لأسعار النفط العالمية التي تتراوح من 42 دولار إلى 119 دولار للبرميل في عام 2030، لكنها لا تقيد مجموعة جميع النتائج المستقبلية المحتملة. تستند حالات أسعار النفط المرتفعة والمنخفضة على افتراضات حول الوصول إلى النفط من خارج أوبك وتكاليفه وقرارات التوريد الخاصة بـ أوبك وإمكانية توريد السوائل غير التقليدية.

يعتمد العالم على أوبك في أكثر من 40% من إجمالي الإنتاج اليومي من النفط الخام، لكن مع ذلك فإن هناك البعض من الشكوك حول تقديرات احتياطي النفط للبلدان الأعضاء في أوبك، على سبيل المثال ادعت المملكة العربية السعودية باحتياطيات خام تبلغ 260 مليار برميل على مدار العقد الماضي على الرغم من ضخها ما بين تسعة و 10.5 مليون برميل يومياً خلال تلك الفترة، وفي الواقع فإن وكالة الطاقة الدولية IEA التي مقرها في باريس تتوقع أن العالم يمكن أن يستمر في زيادة إنتاج النفط على مدى السنوات الخمس والعشرين المقبلة، ولكن باستثمار كبير قد يتجاوز 600 مليار دولار أمريكي سنوياً طوال الفترة، ويضاف إلى ذلك مخاوف بشأن الاستقرار السياسي في العديد من البلدان المنتجة للنفط.

من حيث أرقام الاحتياطيات الفعلية ضمن عضوية أوبك فإن المملكة العربية السعودية تمتلك أكبر قاعدة موارد في العالم، مع ادعاءات تبلغ 268 مليار برميل من الاحتياطيات المؤكدة، وأن بلداناً أخرى في أوبك تظهر وعوداً بإنتاج كميات أكبر من النفط.

مع ذلــك فإنه بافتراض عدم حدوث أزمات سياســية خطيرة في البلدان المنتجة الرئيسة أو حدوث عجز غير متوقع في الاستثمار، فإن الطاقة الإنتاجية العالمية للنفط ستســتمر في النمو بقوة لتصــل إلى 102.4 مليون برميل يومياً بحلول عام 2010 من المســتوى الحالي البالغ نحو 87 مليون برميل يومياً، وسيتم تقســيم هذا التوسع بالتســاوي بين بلدان أوبك والبلدان غير الأعضاء: 8.5 مليون برميل يومياً و 6.7 مليون برميل يومياً على التوالي، وسيســتمر التوسع حتى عام 2015 لكن أوبك تظهر زيادة أكبر: مكاســب صافية مقدارها 12.2 مليون برميل يوميــاً (مقارنة بعام 2005) مقابل 8.2 مليون برميل يومياً لغير الأعضاء في أوبك، وعلى المستوى الإقليمي فإن الولايات المتحدة وبحر الشمال تظهــر انخفاضاً حتى عام 2015، بينمــا تواصل كندا وغرب وشــمال إفريقيا وأمريــكا اللاتينية وبحر قزوين والشرق الأوســط اتجاهها الحالي المتمثل في التوســع القوي بعد عام 2010 وحتى عام 2015، وأن جنوب شرق آســيا يظهر القليل من النمو المتواضع لكنه يتراجع بعد عام 2010، وفي الوقت نفسه يتباطأ نمو القدرة الروسية.

بحلــول عام 2015 فإنه بالإمكان أن يكون هناك تغيير في التركيز الجغرافي لمصادر توريد الســوائل، وسترتفع نسبة سعة الســوائل من أكبر 15 دولة من أقل مــن 60% الحالية إلى 65% في عام 2015، بينمــا تُظهر كل دولة من بلدان أوبك تقريباً باستثناء إندونيســيا إمكانية حدوث زيادة كبيرة حتى عام 2015 فإن مصادر التوســع في بلدان أوبك محدودة بشــكل أكبر، وفي مقدمتها روسيا وبلدان بحر قزوين والبرازيل وأنغولا وكندا. قد يكون هناك أيضاً ظهور عدد من المصادر الجديدة لســعة الســوائل في كل من المياه العميقة من مثل ساحل موريتانيا وعلى اليابســة في السودان، وبالإضافة إلى ذلك فإن المناطق الناضجة مــن مثل ماليزيا فإنه يتم تطوير أعمال جديدة بنجاح في منطقة المياه العميقة التي لم يتم استكشافها سابقاً في منطقة صباح Sabah الساحلية في شمال غرب ماليزيــا، لكن مع ذلك قد يتبين أن هذا التحــول في التركيز يتمثل في المزيد من التحديات السياســية والتشغيلية للبلدان، مما يزيد من مستويات المخاطر والقلق بشأن العرض في بعض البلدان المستهلكة.

يُظهر تحليل تركيبة السعة الجديدة أنه على المدى المتوسط ستكون هناك نسب متزايدة من النفوط الخفيفة والثقيلة وانخفاض في نسبة الخام متوسط الدرجة، لكن مع ذلك فإن القدرات المضافة لعام 2010 هي في الغالب النفط الخام الخفيف (8 مليون برميل في اليوم)، والنفط الخام المتوسط (5 مليون برميل يومياً)، والنفط الخام الثقيل (3 مليون برميل يومياً) ومع استمرار التوسع السريع في المياه العميقة فإن الطاقة الإنتاجية ستصل إلى أكثر من 9 مليون برميل يومياً بحلول عام 2010.

ستتوسع الطاقة الإنتاجية من النفط الثقيل وبيتومين رمال القار من كندا وفنزويلا إلى ما يقرب من 5 مليون برميل يومياً في عام 2015، وأن المشاريع الكندية تتقدم بوتيرة متسارعة وتتوسع من مليون برميل يومياً من النفط الخام الاصطناعي (من بيتومين رمال القار) إلى أكثر من 3 مليون برميل يومياً بحلول عام 2015، ومع ما يقرب من نصف يتم تعدينها والباقي في الموقع، وفي فنزويلا تعمل مشاريع أورينوكو Orinoco الأربعة الرئيسة بإجمالي 650 ألف برميل في اليوم وقد تصل إلى 700 ألف برميل يومياً بحلول عام 2010.

بين عامي 2010 و 2015 كان هناك إمكانية كبيرة لتوسيع إجمالي سعة المكثفات بالإضافة إلى سوائل الغاز الطبيعي (NGLs) إلى 22 مليون برميل يومياً، وستحدث توسعات ملحوظة في المكثفات في قطر Qatar مع توسع أعمال الغاز الطبيعي المسال وإنتاج المزيد من الغاز لصادرات خطوط الأنابيب وتحويل الغاز إلى سوائل، وستحدث إحدى أكبر التوسعات في سعة المكثفات في النرويج.

حتى وقت قريب فإن أعمال تحويل الغاز إلى سائل GTL كانت قد ساهمت بنسبة صغيرة فحسب من الإنتاج بأقل من 200000 برميل يومياً في عام 2008، ولكن هناك عدداً من المشاريع قيد التنفيذ والمخطط لها أنه من المتوقع أن تزيد الطاقة الإنتاجية إلى 480.000 برميل يومياً بحلول عام 2010 ومليون برميل يومياً في عام 2015، وهذا تراكم أقل مما كان متوقعاً من خلال جمع تقارير النشاط الحالي، لكن المشغلين قد لا يلتزمون بمشاريع جديدة

لتحويل الغاز إلى ســـائل حتى يكون هناك القليل من اليقين بأن سعر النفط سيبقى مرتفعاً بما يكفي لتحقيق الربحية.

لا تزال مســـألة بلوغ ذروة إنتاج النفـــط في جميع أنحاء العالم تثير الجدل وذلـــك على الرغم من وجود القليل من الأدلـــة على بلوغ ذروة إنتاج النفط في جميع أنحاء العالم قبل عام 2020، والصحيح أن إجمالي الإنتاج العالمي السنوي لم يتم اســـتبداله بنجاح الاستكشاف في السنوات الأخيرة، ولكن الإنتاج تم اســـتبدال أكثر من الاستكشـــاف بالإضافة إلى ترقيات احتياطي الحقل، وعلى الرغم من أن النفط هو مورد محدود فإنه لا يوجد حتى الآن تقدير دقيق لإجمالي الاحتياطيات، وفي غضون ذلك فإنه يجب أن تستمر الموارد العالمية في التوسع، وأن العديـــد من الأحواض حتى تلك التي تنتـــج كميات كبيرة من النفط لا تزال قيد الاستكشاف.

إن أحد أســـباب وجود الكثير من الجدل حول مـــا إذا كانت ذروة إنتاج النفط وشيكة أم لا هي أن المراقبين المختلفين يعتمدون على مجموعات بيانات مختلفة، فالبيانات الأكثر وضوحاً هي تلك التي تنشرها شركات الاستكشـــاف والإنتاج من خلال التقارير السنوية، وأكثر مجموعات التقارير هذه شمولاً هي الإيداعات بموجب هيئة الأوراق المالية والبورصات الأمريكية SEC، لكن مع ذلك فقد تكون هذه البيانات شديدة التحفظ كما يتضح من مدى تفوق التنقيحات التصاعدية للاحتياطي على التنقيحات النزولية له.

وفي الواقع فإنه من الممكن تماماً أن يتم استبعاد أجزاء كبيرة من الحقول المكتشـــفة من الاكتشـــاف حتى وقت لاحق من حياتها الإنتاجية وأن جزءاً صغيراً فحســـب من الصورة الإجمالية يتم الكشـــف عنه من خلال عمليات الكشـــف هذه. كما يحدث غالباً مع الأنظمة التنظيمية التي كانت قائمة منذ عقود ثلاثة مضت، فإن الأمر يتطلب تحدياً لمراعاة التغييرات الثورية تقريباً في التقنيات والتحولات من حيث هيكل السوق والجغرافيا.

إذا كانت لجنة الأوراق المالية والبورصات SEC ستتبنى التعريفات والمبادئ التوجيهية المســـتخدمة من قبل جمعية مهندسي البترول SPE، فسيؤدي ذلك

إلى إنشاء مجموعة بيانات متسقة عالمياً تغطي الغالبية العظمى من احتياطيات النفــط والغاز في العالم. نظراً لأن تعريف ما هو النفط الذي يبدأ في التغير مع إضافة الموارد غير التقليدية من مثل النفط الخام الاصطناعي Syncrude والغاز إلى الســوائل وحتى الوقود الســائل المصنوع من الفحم، فإن مجموعة البيانات الموثوقة ستؤدي إلى تحســين فهم متى قد يواجه العالم هضبة متموجة لإنتاج النفط العالمي.

أخيراً فإنه نظراً للتأثيرات المذكورة في أعلاه فقد حظي التنبؤ بالنشــاط الاقتصــادي للنفط الخام باهتمام كبير على مدى العقود العديدة الماضية، وقد تم تطوير عدد متزايد من الأســاليب الإحصائية التي تختلف كثيراً في الهيكل، وذلك من أجل التنبؤ بتطور السلاسل الزمنية للاقتصاد الكلي المختلفة وأسعار الســلع التي كانت محور دراســات مختلفــة (، Labys, 1999 ، Roche 1995 Morana 2001 ، Lanza et al,2005). لكــن مع ذلــك فإنه بغض النظر عن الأساليب المستخدمة للتنبؤ بالأسعار الفورية المستقبلية، فإن البيانات الخاصة بالأفاق قصيرة المدى تقدم عدد من المؤشرات على الأسعار بينما بالنسبة للأفق الأطول تكون البيانات أقل دقة (Fernández, 2006).

وفي الحقيقة فإن التنبؤ بأســعار النفط الخام هــو فن غير دقيق، وأن المرء يحتاج إلى النظر في تقلبات الأســعار خلال عام 2008 فحسب، ليدرك أنه لم يتنبــأ أحد بمن مثل هذه التقلبات وأن التنبؤ بالأســعار كان غير دقيق ليس بسبب الأســاليب المستخدمة فحسب، ولكن بسبب العديد من المجهولات التي من المحتمل أن تنشأ في أي وقت ولأي سبب كان.

6-8: References

- Annual Energy Outlook. 2008. Annual Energy Outlook 2008 with Projections to 2030. Report No. DOE/EIA-0383(2008). Energy Information Administration, Department of Energy, Washington, DC. June.
- Balke, N.S., Brown, S.P.A., and Yücel, M.K. 1998. Economic Review First Quarter 1998. Federal Reserve Bank of Dallas, Dallas Texas.
- BP. 2008. BP Statistical Review of World Energy. **Www.bp.Com/**statisticalreview.
- Fernández, V. 2006. Forecasting Crude Oil and Natural Gas Spot Prices by Classification Methods. Documentos De Trabajo with Number 229.

- Centro De Economía Aplicada, Universidad De Chile, Santiago, Chile.

http://ideas.repec.Org/p/edj/ceauch/229.html

- Gonzalez R. 2006. Oil Industry Investment. Petroleum Technology Quarterly 8(4): 3.
- IEA. 2008. Key World Energy Statistics 2008, International Energy Agency, Paris, France.
- ITF. 2008. Interim Report on Crude Oil. Interagency Task Force on Commodity Market s, Washington DC. July.
- Labys, W. 1999. Modeling Mineral and Energy Markets. Kluwer, New York, USA.
- Lanza, A., Manera, M., and Giovannini, M. 2005. Modeling and Forecasting Co-integrated Relationships among Heavy Oil and Product Prices." Energy Economics, 27(6):831-è48.
- Laufenberg, D.E. 2007. Higher oil prices are not always shocking. Report No. 231483 A (1/07). Ameriprise Financial Inc., Minneapolis Minnesota.
- Morana, C. 2001. A Semi parametric Approach to Short-Term Oil Price Forecasting. Energy Economics 23(3), 325-338.
- Peterson, DJ., and Mahnovski, S. 2003. New Forces at Work in Refining: Industry Views of Critical Business and Operations Trends. Prepared for the National Energy Technology Laboratory United States Department of Energy. Rand Corporation, Santa Monica, California.
- Roche, J. 1995. Forecasting Commodity Markets. Probus Publishing Company, London, England.
- Swain, E.J. 1991. Oil & Gas Journal. 89(36): 59.
- Swain, E. J. 1993. Oil & Gas Journal. 91(9): 62.
- Swain, E. J. 1997. Oil & Gas Journal. 95(45): 79.
- Swain, E.J. 2000. Oil & Gas Journal. March 13.

الفصل السابع

سوق النفط الخام

تُعد روسيا والمملكة العربية السعودية والولايات المتحدة من أكبر منتجي النفط الخام في عام 2008، ويتركز أكبر تركيز للإنتاج (النفط والغاز) في الشرق الأوسط، فضلاً عن ذلك فإنه ومنذ اكتشاف النفط الخام في أواخر القرن التاسع عشر كان العالم قد استهلك ما يقرب من 1.0 تريليون برميل من النفط الخام، وهناك كميات كافية (تريليون برميل) من احتياطيات النفط الخام التقليدية المؤكدة (يتم تحديدها عن طريق الحفر) لتلبية الطلب العالمي اليوم لمدة 25 عاماً أخرى. من المتوقع أن يكون هناك ما بين 2 إلى 3 تريليون برميل أخرى من احتياطيات النفط الخام التقليدية غير المثبتة، من مثل النفط الخام الثقيل الفنزويلي والكندي، والنفط الصخري (الفصل 9)، وهما معاً أكثر تكلفة بكثير من النفط التقليدي، لذلك فإنه على الرغم من أن العالم قد لا يقترب من ذروة النفط (الفصل 8) فإنه من المرجح أن يقترب من ذروة النفط الرخيص.

يستنفد العالم مكامن النفط الخام الخفيف الذي يمكن إنتاجه بتكاليف مُنخفضة ومخاطر تجارية مُنخفضة، ويقع جزء كبير من النفط الخام التقليدي في بلدان غير مستقرة سياسياً (روسيا والشرق الأوسط وغرب إفريقيا)، مما يضيف علاوة سعرية إلى تكلفة الإنتاج، فضلاً عن ذلك فإن سوق النفط الخام في الولايات المتحدة هي أكبر سوق للنفط في العالم وهي تُمثل ما يقرب من 24% من الطلب العالمي على النفط (BP, 2008). يمثل البنزين نحو 50% من إجمالي الطلب الأمريكي على النفط وبنحو 9 ملايين برميل يومياً، وتعد سوق النفط الأمريكية جد مهمة ليس بسبب حجمها فحسب، ولكن أيضاً لأنها مركز لتكوين أسعار النفط وذلك بقيادة تحديد أسعار النفط في سوق العقود الآجلة للنفط NYMEX (بورصة نيويورك التجارية).

على الرغم من تنبؤات الكئيبة والعذاب فيما يتعلق بالموارد البترولية المتبقية، فإن اســتهلاك البنزين في الولايات المتحدة ينمو باطراد في الســنوات الأخيرة، مدعوماً بعوامل من مثل النمو الاقتصادي القوي وشعبية السيارات الأقل كفاءة في استهلاك الوقود من مثل المركبات الرياضية متعددة الأغراض (سيارات الدفع الرباعي)، ولقد أدى التراجع الأخير في المناخ الاقتصادي إلى كبح هذا الطلب إلى حد ما ولكن من المتوقع أن يتعافى الطلب ويزيد على المدى القصير.

لكن مع ذلك فقد اســتمر الطلب على النفط الخام في الولايات المتحدة في النمو بشــكل مطرد بقيادة نمو الطلب على البنزيــن، وظهرت اختناقات في سلســلة توريد المنتجات النفطيــة: أولاً - تعمل مصافي النفــط المحلية في الولايات المتحدة بكامل طاقتها مع معدل اســتخدام تكرير يتجاوز 90% في المتوسط الســنوي، وثانياً - فائض الطاقة الإنتاجية للمنتجات البترولية في الولايــات المتحدة هو محدود للغاية، وثالثاً - ظلت مخزونات النفط في القطاع الخاص منخفضة بسبب جهود صناعة النفط لخفض التكاليف.

فيما يتعلق بالبعض من طاقة التكرير الفائضة في الولايات المتحدة (الفصل 6) والقضايا المتعلقة بمواصفات المنتجات النفطية فإن المشاكل تستمر في سوق الولايات المتحدة، وتلعب ســوق النفط المصب دوراً مهماً في استقرار العرض والطلب من حيث حصة الســوق العالمية وذلك لأن: (1) الولايات المتحدة هي أكبر مســتهلك للنفط في العالم وأن تحديد ســعر النفط في الولايات المتحدة (نايمكس) يؤثر في أســعار النفط العالمية، (2) كمــا أن التوازن بين العرض والطلــب على المنتجات النفطية في الولايات المتحدة لا يزال ضيقاً وذلك نظراً لوجود طاقة تكرير محلية قليلة أو معدومة.

بالإضافة إلى ذلك توجد قيود المســتثمرين أيضاً على استثمارات المصافي، وذلــك على الرغم من أن هــذا الأمر قد يختلف في الوجود والدرجة بحســب الاقتصاد، وأن البعض من هذه القيود هي:

1 - انخفاض العائد على الاســتثمارات، بما في ذلك انخفاض هامش التكرير، وتكاليف الاســتثمار الأولية الضخمة، والمخاطر العالية بســبب عدم

الاستقرار وعدم اليقين بشأن إمدادات النفط الخام.

2 - الحصول على الموقع والسماح بمشاكل بناء المصفاة.

3 - المعايير البيئية الصارمة ومواصفات الوقود المتغيرة.

هناك عدد من الاحتمالات لتوســيع المصفاة و/أو إعادة تنشــيط المصفاة وذلــك بناءً على نمو الطلب الحالي والمســتقبلي على النفط، ولكن هناك عدم يقين من أن (1) الاســتثمار المخطط في المصفاة قد تحقق، و (2) توسيع المصفاة أو تحديث المصفاة المخطط له كافٍ لتلبية الطلب المتزايد والمتغير على النفط.

هذه ليست سوى البعض من العوامل التي تؤثر في النفط الخام والمنتجات وبخاصة البنزين وتســعيرهما، وهناك حاجة متزايدة لفهــم القضايا المتعلقة بالتسعير في أسواق النفط الخام والبنزين، بينما يوجد هناك العديد من العوامل المؤثرة الأخرى وسيتم عرض العوامل السائدة أدناه.

7-1: سوق النفط الخام

إن ســوق النفط الخام هي سوق معقدة وتعتمد على جوانب عدة، وكل منها يمكن أن يحرك السوق أو يزعجها إما لصالح أسعار أعلى أو لصالح أسعار أقل، وتتكون ســوق النفط الخام من البدان المُنتجة والمُصدرة (على ســبيل المثال البلدان الأعضاء في أوبك) والبلدان المستهلكة المستوردة.

ليــس سراً أن أكبر ثلاث مناطق مســتهلكة للنفط الخام وهي أمريكا الشمالية وأوروبا وآســيا والمحيط الهادئ - كلها مستوردة للنفط، في حين أن جميع المناطق الأخرى مناطــق مُصدرة، ويصدر الشرق الأوســط نفطاً أكثر بكثير مــن أي منطقة أخرى، وذلك على الرغم مــن النمو القوي في الإنتاج في مناطق أخرى في الســنوات الأخيرة، والاعتماد العالمي على منطقة الشرق الأوســط للحصول على النفط يجعل الأهمية الجيوسياســية للشرق الأوســط مفهومة بسهولة.

ومن ناحية أخرى فإن هناك تباين أقل بين المناطق المستوردة، ولقد دفعت اقتصادات آســيا والمحيط الهادئ المنطقة إلى المرتبــة الأولى مع نمو الواردات

بمقدار ضعف نمو الواردات في أي منطقة أخرى، وعلى الرغم من أن الولايات المتحدة هي أكبر مستورد فردي للنفط إلا أن منطقة أمريكا الشمالية كمنطقة تحتل المرتبة الثالثة. تعد كندا والمكسيك من أكبر ثلاثة موردين للنفط الخام إلى الولايات المتحدة، وتعوض واردات النفط من هذه البلدان إلى الولايات المتحدة الواردات من هذه البلدان المجاورة في الحسابات الإقليمية، وقد أدى ذلك إلى إبقاء واردات أمريكا الشمالية منخفضة بشكل مصطنع - وهي قصة لا يتم مشاركتها أو نشرها دائماً من قبل الوكالات التي تقدم تقارير شهرية عن الواردات والصادرات العالمية من النفط الخام، وأن النفط الخام هو أعلى سلعة يتم تداولها في السوق الدولية سواء أتم قياسه بالحجم أم بالقيمة أم بالقدرة الاستيعابية اللازمة لتحريكه.

وبعامة فإن النفط الخام والمنتجات البترولية يتدفقان إلى الأسواق التي توافر أعلى قيمة للمورد، وعند تساوي كل شيء آخر ينتقل النفط إلى أقرب سوق أولاً، وذلك لأن ذلك يحتوي على أقل تكلفة نقل ومن ثم فإنه يوافر للمورد أعلى صافي إيرادات أو أعلى صافي عائد، وإذا لم تستطع هذه السوق امتصاص كل النفط فإن الميزان ينتقل إلى أقرب نقطة تالية ومن ثم إلى الأخرى، مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف النقل بشكل تدريجي حتى يتم وضع النفط بالكامل.

وبسبب عدم الاستقرار السياسي في الشرق الأوسط، فقد نظر صناع السياسة في الولايات المتحدة إلى هذا الاعتماد المتزايد على نصف الكرة الغربي باعتباره المورد الرئيس للنفط الخام إلى الولايات المتحدة، وانخفاض الاعتماد على النفط الخام في الشرق الأوسط، وفي الواقع يعتبر البعض أن النمو الأخير في اعتماد الولايات المتحدة على جيرانها في نصف الكرة الغربي مثالاً على هذه المتلازمة الأقرب إلى الأفضل لأن مصادر نصف الكرة الغربي توافر الآن أكثر من نصف حجم واردات الولايات المتحدة، وأن الكثير منها قائمة على رحلات تقل مدتها عن أسبوع. يأتي ربع آخر من أماكن أخرى في حوض المحيط الأطلسي (بلدان على جانبي المحيط الأطلسي) ويستغرق الأمر من أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع فحسب للوصول إلى الولايات المتحدة، وهناك رأي آخر مفاده

أن المستوردين في الولايات المتحدة يسعون أيضاً إلى البحث عن مصادر للنفط تخضع في معظمها لسيطرة حكومات مستقرة نسبياً.

نتيجة لتحـول الولايات المتحدة نحو مصادر النفط الخام في نصف الكرة الغربي، فإن المملكة العربية السعودية هي المورد الوحيد المهم في الشرق الأوسط، وعلى الرغم من أن اعتماد الولايات المتحدة طويل المدى على الشرق الأوسـط كان قد انخفض بشـكل حاد، إلا أن هذا لم يجعل الأسعار في الولايات المتحدة عرضة لاضطراب الإمدادات في الشرق الأوسط.

إن المكسـيك وفنزويلا سـاعدتا بوعي في الاتجاه نحو الشحنات قصيرة المدى، واتخذتا قراراً ستراتيجياً لإنشاء أكبر سوق مربحة قدر الإمكان للخامات ذات الجودة الرديئة، وذلك لأن احتياطياتهما منحازة بشـكل غير عادي لتلك الدرجـات التي يصعب وضعها. لقد بدأ كلا البلديـن بمصافي تكرير كانت تدير خاماتها بشـكل تقليدي، ثم بمصافي تكرير يمكن ترقيتها للتعامل مع النفـط الخام الثقيل، وقد أدى ذلك إلى تحويل النفط الخام منخفض الكبريت ومنخفض الكثافة النوعية API إلى النفط الخام المفضل في هذه المواقع، مما زاد بشكل كبير من الاكتفاء الذاتي من النفط الخام في نصف الكرة الغربي، لكن مع ذلك فإن الاسـتقرار السـياسي لكلتا الحكومتين مفتوح دائماً للتكهنات، ومن الناحية العملية فإن اتجاه تجارة النفط الخام لا يتبع دائماً أقرب نمط أول، إذ يمكن أن يؤدي تكويـن المصفاة والطلب على المُنتَج ومواصفات المُنتَج وجودته والسياسة إلى تغيير الترتيب.

تضع الأسـواق المختلفة في الواقع وفي كثير من الأحيان قيماً مختلفة على درجـات معينة من النفط الخام، وعلى سـبيل المثال فـإن النفط الخام الأكثر قابليـة لإنتاج الديزل منخفض الكبريت يسـتحق في الولايات المتحدة أكثر مما هـو عليه في البلدان، إذ يكون الحد الأقصى للكبريت المسـموح به أعلى بكثير، ومـن ناحية أخرى فإن النفط الخام منخفـض الكبريت يعتبر أكثر تكلفة نسبياً في البلدان التي يسـمح فيها النفط الخام لشركة التكرير بتلبية حدود الكبريت الأكثر إحكاماً في المنطقة دون الاسـتثمار في ترقيات المصافي.

يمكـــن أن تكون هذه الاختلافات في قيمة جودة النفط الخام كافية للتغلب على تكاليف النقل، لكن مع ذلك فإن التعريفات الحكومية على النفط الخام بإمكانها أيضاً التأثير في جودة النفط الخام المســـتورد إلى عدد من البلدان، وقد تلغي البعض من الفوائد المستمدة من الجودة.

يمكن أيضاً أن يهيمن وضع المصفاة على ســـوق النفط الخام (الفصل 6) بقدر ما يســـتفيد موقع المصفاة (أي أقرب إلى الســـوق الاستهلاكية بدلاً من القرب من رأس البئر) إلى أقصى حد من اقتصاديات حجم الســـفن الكبيرة، خاصةً أن مواصفات الجودة المحلية تعمل على تفتيت ســـوق المُنتجات بشكل متزايد، ويعمل وضع المصفاة بالقرب من الســـوق الاستهلاكية على زيادة قدرة المصفاة على تكييف إنتاج المُنتَج مع السوق من خلال استيعاب أي زيادات قصيرة الأجل من مثل تلك الناجمة عن الطقس وانقطاع المعدات والأحداث الأخرى، بالإضافة إلى ذلك فإن هذه السياســـة أيضاً تحمي من الخطر الحقيقي للغاية المُتمثل في قيام الحكومات بفرض تعريفات و/أو قيود اســـتيراد انتقائية لحماية قطاع التكرير المحلي.

ومع ذلك فإن هناك البعض من المصافي التي تُستثنى من هذه العمومية التي تم تطويرها لخدمة أسواق تصدير معينة، وأن مراكز تكرير التصدير هذه من مثل المصافي في ســـنغافورة ومنطقة البحر الكاريبي والشرق الأوسط تؤدي إلى البعض من التحركات المنتظمة للمنتجات بين الأقاليم ولكنها اســـتثناء. تُعد تجارة المنتجـــات بين الأقاليم إلى حد كبير وظيفة مؤقتـــة تم وضعها لتحقيق التوازن بين طلب الســـوق، كما قد يحدث عندما يكون هناك طلب مرتفع على زيت التدفئة بسبب فصول الشتاء الباردة أكثر من المتوقع.

لقد تم بالفعل ذكر النقل إلى السوق ولكن هناك ما يبرر التعليق الإضافي للإشارة إلى وجود وسيلتين للنقل للتجارة بين الأقاليم هما : الناقلات وخطوط الأنابيب (الفصل 3)، ولقد جعلت الناقلات النقل العالمي (العابر للقارات) للنفط ممكناً وهي منخفضة التكلفـــة وفعالة ومرنة للغاية، ولكن من ناحية أخرى فإن خط الأنابيب هو الطريقة المُفضلة لنقل النفط الخام عبر القارات.

فيما يتعلق بالناقلات فإنه عادة ما يكون لكل مسار حجم واحد مناسب اقتصادياً، ويعتمد على العوامل الآتية:

1 - طول الرحلة.

2 - قيود الميناء.

3 - قيود القناة.

4 - الحجم.

على ســبيل المثال فإنه يتم نقل صادرات النفط الخام من الشرق الأوسط التي تنطوي على كميات كبيرة ومسافات طويلة بشكل أساس بواسطة ناقلات النفط الخام الجد الكبيرة VLCCs، وهي عادةً ما تحمل أكثر من مليوني برميل من النفط في كل رحلة، وأن اقتصاديات الحجم الكبير لناقلات النفط الخام تفوق القيود التي تفرضها الاختلافــات في الحجم، وغالباً ما تكون الرحلة الطويلة أرخص من رحلة قصيرة عند مقارنة التكلفة على أساس كل برميل. إن ناقلات النفط الخام الجد الكبيرة هي جد كبيرة بالنســبة لجميــع الموانئ في الولايات المتحدة باستثناء ميناء لويزيانا النفطي البحري Louisiana Offshore Oil Port (LOOP) وأنه يتوجب نقل البعض من حمولتها أو كلها إلى ســفن أصغر إما في البحر أو في ميناء بحري، وعلى النقيض من ذلك فإن السفن القادمة من منطقة البحــر الكاريبي وأمريكا الجنوبية هي أصغر بشــكل روتيني ويمكنها دخول موانئ في الولايات المتحدة دون الحاجة إلى تفريغ النفط الخام في الخارج.

تُعــد خطوط الأنابيب من ناحية أخــرى ضرورية لنقل النفط الخام غير الســاحلي وأيضاً تكمل الناقلات في مواقع رئيسة معينة من خلال تخفيف الاختناقــات أو توفير طرق مختصرة، وفي الواقع فإن التجارة الإقليمية الوحيدة التي تعتمد حالياً على خطوط الأنابيب فحســب هي النفط الخام من روسيا إلى أوروبــا، وهناك حاجة أيضاً إلى خطوط أنابيــب التصدير للإنتاج من منطقة بحر قزوين، لكن أكبر ســلبيات لخطوط الأنابيب التي تعبر الحدود الوطنية هو تعرض خط الأنابيب للأعمال السياســية والإرهابية. لكن مع ذلك فإن

خطوط الأنابيب هي الخيار الأساس للنقل عبر القارات لأنها على الأقل أرخص من حيث الحجم من أي بديل آخر من مثل السكك الحديدية أو البارجة أو الطريق، وفي من مثل هذه الحالات تكون نقاط الضعف في خطوط الأنابيب عادةً صغيرة أو غير موجودة في داخل الحدود الوطنية (من مثل الولايات المتحدة وكندا)، وفي الواقع فقد سمح تطوير خطوط الأنابيب ذات القطر الكبير خلال الحرب العالمية الثانية بتطوير شبكة خطوط الأنابيب الواسعة في أمريكا الشمالية التي تنقل النفط الخام والمنتجات في داخل كندا، ومن كندا إلى الولايات المتحدة ، وفي داخل الولايات المتحدة، وتعد خطوط الأنابيب أيضاً وسيلة مهمة لنقل النفط في أوروبا القارية على الرغم من أن النظام أصغر بكثير مما يتوافق مع المسافات الأقصر.

كما لوحظ بالفعل أن الولايات المتحدة هي المستورد الرئيس للنفط الخام وهي تمثل ما يقرب من 25% من إجمالي الواردات العالمية من النفط الخام، لكن مع ذلك فإن اعتمادها على الواردات وأن نسبة الطلب التي تلبى عن طريق الواردات هي أقل بكثير، إذ تبلغ نحو 50% من تلك التي لدى شركائها الدوليين، وأن البلدان الصناعية من مثل اليابان وألمانيا لديها مستويات اعتماد على الواردات من 90% إلى 100%.

إن كندا هي الدولة الوحيدة التي تُسلم النفط إلى الولايات المتحدة عن طريق خطوط الأنابيب، وذلك لأن غالبية النفط الخام في كندا هو نفط غير ساحلي، ويعتمد بشكل شبه حصري على خطوط الأنابيب من غرب كندا التي ترتبط بشبكة خطوط الأنابيب العابرة للقارات، وذلك للوصول إلى أسواق التصدير الرئيسة التي تقع في كل مكان عبر الطبقة الشمالية للولايات المتحدة.

تتركز التجارة بين مناطق الولايات المتحدة في النصف الشرقي من البلاد، ويعد ساحل الخليج أكبر مورد إلى حد بعيد إذ يمثل أكثر من 80% من التدفق في إدارة البترول لمناطق الدفاع PADD، وفي المقابل فإن جبال روكي والساحل الغربي هي معزولة من حيث الخدمات اللوجستية البترولية عن بقية البلاد. إن التدفق السهل نسبياً للبترول من ساحل الخليج إلى الغرب الأوسط والساحل

الشرقي، وهو يعني أن العرض الإضافي متاح بسهولة أكبر لتلك الأسواق في حال حدوث زيادة في الطلب أو انخفاض في العرض.

2-7: الاستهلاك العالمي للنفط

يمثل تحديد اســتهلاك النفط مشكلة مثيرة للاهتمام، إذ أن حجم السوق وتعقيدها وعدد المستهلكين والموردين يجعل جمع البيانات مُهمة شاقة، وهناك مجموعة متنوعة من الأســاليب ضرورية لقياس (أو في أفضل الأحوال تقدير) اســتهلاك النفط الخام، وبالإضافة إلى ذلك فإنه بسبب الاختلافات في المناخ والتضاريس في داخل الولايات المتحدة (بما في ذلك ألاسكا وهاواي أيضاً) فإن الأسواق الإقليمية تُظهر أنماطاً مختلفة لاستهلاك النفط. إن السكان والنشاط الاقتصــادي الإقليمي هما عاملان محددان مُهمــان، لكن التوافر التقليدي للوقود البديل ونقــل البترول والجغرافيا ومجموعة مــن العوامل الأخرى هي عوامل مُهمة أيضاً.

إن الطريقة الأكثر ملاءمة وربما الأكثر دقة هي استخدام المعايير الآتية:

1 - مدخلات المصفاة.

2 - إنتاج المصفاة.

3 - واردات المُنتَج.

4 - التغييرات في المخزون.

باســتخدام البيانات فإنه بإمكاننا الوصول إلى اســتنتاجات عامة حول طلب السوق واستخدام البترول والمنتجات البترولية، في حين أن البيانات قد لا تكون كافية لأقرب عشرة براميل من النفط، فإن النتيجة ســتكون غضباً يمكن استخدامه للتمييز بين التغيرات في العرض والطلب في السوق خلال فترة زمنية معينة.

يُستمد طلب الســوق على النفط الخام من الطلب على المنتجات النهائية، ومن ثم فإن البلدان الصناعية هي أكبر مُســتهلك للنفط وتمثل بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD ما يقرب من 60% من اســتهلاك النفط

اليومي في جميع أنحاء العالم، وليس من المستغرب أن تستخدم الاقتصادات المُتقدمة النفط بشكل مُكثف أكثر بكثير من الاقتصادات النامية، إذ يبلغ استهلاك النفط في الولايات المتحدة نحو 2.5 جالون للفرد في اليوم، وبطبيعة الحال فإن المتوسط لا علاقة له بالواقع في كثير من الأحيان، وسيكون استهلاك النفط بين العائلات متعددة المركبات ذات الرواتب المرتفعة ضعف المتوسط مع انخفاض مُصاحب في استهلاك النفط من قبل عائلات المركبات الفردية ذات الدخل المنخفض. إن الأسر الخالية من المركبات ولكونها مُستخدمة لأنظمة النقل العام فإنه سيكون لديها أقل استهلاك يومي للفرد من البترول، وبعامة فإن الولايات المُتحدة تستخدم النفط الخام لإنتاج وقود النقل أكثر من إنتاج الوقود للتدفئة والطاقة، لكن مع ذلك فإن الكمية الدقيقة للنفط الخام المُستخدم للأغراض المُختلفة تختلف من عام إلى آخر، وذلك اعتماداً على الطقس والنشاط الاقتصادي.

وفي السنوات التي أعقبت حظر النفط العربي في العامين 1974/1973، كان النقل مُكوناً رئيساً لطلب السوق، كما استمر الطلب على استخدامات النفط في غير وسائل النقل من مثل إنتاج وقود التدفئة، ولكن ليس بالقدر نفسه من مثل البنزين، وبعامة فقد استحوذ قطاع النقل على 49% من استهلاك النفط العالمي في عام 2005 عند 38.3 مليون برميل من المكافئ النفطي mboe يومياً، وذلك ارتفاعاً من نسبة الثلث فحسب في عام 1971 (الشكل 2-1)، ومن المقرر أن تستمر هذه الحصة في الارتفاع لتصل إلى 52% بحلول عام 2030، وأن الأهمية المُتزايدة لقطاع النقل بالنسبة للطلب على النفط غير مفاجئة، وذلك نظراً لمحدودية إمكانيات تبديل الوقود والنمو المستمر المتوقع في تنقل الأفراد (BP, 2008).

يحتل سوق استخدام زيت الوقود المقطر المرتبة الثانية بعد البنزين، وعلى العكس من البنزين الذي يُستخدم بشكل شبه حصري في قطاع النقل فإنه يتم استخدام زيت الوقود المُقطر على نطاق واسع للأغراض الآتية:

1 - وقود التدفئة المنزلية.

2 - القوة الصناعية.

3 - توليد الكهرباء.

4 - المركبات التي تعمل بالديزل.

يجب أن يكون وقود الديزل المُســتخدم في المركبات على الطريق السريع للشــاحنات والحافلات وســيارات الركاب مُنخفض الكبريت أو لا يحتوي على الكبريت، في حين أن زيت الوقود المُقطر المُســتخدم خارج الطريق السريع في السفن أو السكك الحديدية أو المعدات الزراعية أو الآلات الصناعية أو توليد الكهرباء أو تدفئة الأماكن هو ليــس كذلك ويخضع لمعايير الطرق السريعة منخفضة الكبريت نفســها، ولكن بطبيعة الحال يحتوي على كمية صغيرة من الكبريت فحســب. تتطلب وزارة الخزانة الأمريكية أيضاً أن يكون المُنتَج غير السريع مصبــوغاً لتمييزه عن الديزل الخاضع للضريبة على الطرق السريعة، وتحد هذه المتطلبات أيضــاً من مرونة التوزيع لأنواع الوقود المقطر، مما يتطلب الأمر تخزيناً ونقلاً منفصلين، ويمنع مُنتَجاً واحداً من تخفيف النقص في الآخر.

إن ســوق وقود الطائرات هو ثالث أعلى مُنتــج مطلوب من مثل البنزين، ويقتصر استخدامه إلى حد كبير في قطاع النقل، ولقد استخدم الجيش سابقاً مُنتجاً مُختلفاً يعتمد على النفتا للطائرات وذلك بدلاً من المنتج التجاري الذي يعتمد على الكيروسين، ولكن في السنوات الأخيرة كان قد تم التحول إلى وقود الطائرات الذي يعتمد على الكيروسين.

إن زيت الوقود المتبقي هو الوقود الثقيل المُســتخدم في الغلايات لتوليد الطاقة ودفع الناقلات والسُــفن الكبيرة الأخرى، لكن السوق كان قد تآكل بســبب مجموعة مُتنوعة من العوامل بما في ذلك المُنافســة السعرية مع الغاز الطبيــعي المُتوافر حديثاً والقيود البيئية. إن اســتخدام زيت الوقود المتبقي في تدفئة مســاحات المباني السكنية يقتصر الآن إلى حد كبير على المباني القديمة في مدينة نيويورك، ولقد تباينت أسعار السوق للنفط الخام على مدى السنوات الخمس والعشرين الماضية (الجدول 7-1 ، الشكل 7-1)، ومن مثل أسعار السلع والخدمات الأخرى فــإن كلاً من التكلفة الأساســية للُمنتج وكذلك ظروف

السوق تعكس الكثير في جميع مراحل الإنتاج والتوزيع، فعلى سبيل المثال فإن سعر البنزين أو أي مُنتج نفطي مُكرر قبل الضريبة يعكس ما يأتي:

1 - سعر النفط الخام.

2 - النقل من الحقل المُنتِج إلى المصفاة.

3 - التكرير.

4 - النقل من المصفاة إلى السوق.

5 - النقل والتخزين والتوزيع بين مركز توزيع السوق ومنافذ البيع بالتجزئة أو المستهلك.

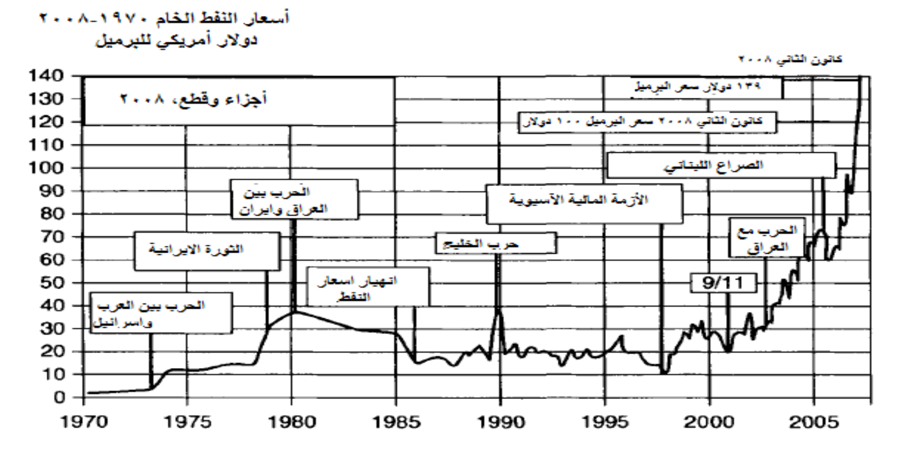
6 - ظروف السوق في كل مرحلة على طول الطريق وفي السوق المحلية.

الجدول 7-1: ارتفاع أسعار النفط الخام وانخفاضها خلال 25 عاماً مضت

28	1984
15	1988
23	1990
16	1994
20	1996
12	1998
27	2000
23	2002
147	2008
41	2009

إن أسـواق النفط هي في الأسـاس مزاد عالمي يتم فيه تحديد سعر النفط الخام والمادة الخام التي تصنع منها المنتجات البترولية، وذلك من خلال ظروف العرض والطلب في السوق العالمية بعامة، وبشكل أكثر تحديداً في مراكز التكرير الرئيسـة. وفي الواقع فإن أسعار النفط الخام هي نتيجة لآلاف المعاملات التي تتم في وقت واحد في جميع أنحاء العالم، وعلى جميع مسـتويات سلسلة التوزيع من مُنتج النفط الخام إلى المستهلك الفردي.

فضلاً عن ذلك فــإن هناك أنواع عدة مختلفة من المعاملات شــائعة في أســواق النفط، وفي الواقع فإن ترتيبات العقود في ســوق النفط تغطي معظم النفط المتغير، ويُباع النفط أيضاً في معامــلات فورية (البضائع تلو البضائع ، ترتيبــات كل معاملة على حدة)، وبالإضافة إلى ذلــك فإنه يتم تداول النفط الخام كســلعة في أسواق العقود الآجلة، وهي آلية مصممة لتوزيع المخاطر بين المشاركين على جوانب مختلفة من مثل المشترين مقابل البائعين أو مع توقعات مختلفة للسوق، ولكن ليس بعامة لتوفير أحجام مادية من نفط، وأن كل من الأسواق الفورية والأسواق الآجلة تُقدم معلومات سعرية مُهمة لأسواق العقود.



الشكل 7-1: تغيرات أسعار النفط الخام منذ عام 1970

تُعد الأسعار في الأسواق الفورية إشارة إلى التوازن بين العرض والطلب، وأن ارتفاع الأسعار بعامة يشير إلى الحاجة إلى مزيد من العرض، وأن الأسعار المنخفضة تشير إلى وجود الكثير من العرض لمستوى الطلب السائد، فضلاً عن ذلك فإنه في حين أن معظم تدفقات النفط تتم بموجب عقود فإن السعر يختلف باختلاف الأسواق الفورية، وأن أســواق العقود الآجلة تُقدم أيضاً معلومات حول التوازن المادي بين العرض والطلب بالإضافة إلى توقعات السوق، وتعد التقلبات الموسمية أيضاً تأثيراً أساســياً مهماً في التوازن بين العرض والطلب، ومن ثم في تقلبات الأسعار.

في حال تساوي العوامل الأخرى فإن أسواق النفط الخام تميل إلى أن تكون أقوى في الربع الرابع (ربع الطلب المرتفع على أساس عالمي، إذ يتم تعزيز الطلب بسبب الطقس البارد وبناء المخزون) وستكون أضعف في أواخر الشتاء مع انخفاض الطلب العالمي. ومع طقس أكثر دفئاً من الناحية العملية فإن أسعار النفط الخام تعكس أموراً أكثر من العوامل الموسمية فحسب، فهي في الواقع تخضع لمجموعة من التأثيرات الأخرى.

وبالمثل فإن أسعار المُنتجات تميل إلى أن تكون الأعلى مقارنة بالنفط الخام ، إذ تنتقل إلى موسم ارتفاع الطلب - أواخر الربيع / أوائل الصيف للبنزين ، وأواخر الخريف لزيت التدفئة. مرة أخرى فإنه قد يكون النمط الموسمي في أسعار المنتجات الفعلية أقل وضوحاً، وذلك نظراً لوجود العديد من العوامل الأخرى في العمل.

يمكن أن تختلف أنماط تغير الأسعار بين المناطق وذلك اعتماداً على ظروف العرض أو الطلب السائدة في السوق الإقليمية وبخاصة على المدى القصير، وأن كل من الجغرافيا والجودة الفريدة للبنزين تسهم في تقلب أسعار البنزين.

إذا كانت مصادر العرض الإضافي محدودة فإن أي زيادة غير عادية في الطلب أو انخفاض في العرض تحصل على استجابة سعرية كبيرة في السوق، وتعد استجابة الأسعار والاختلافات في تحركات الأسعار الإقليمية أمراً بالغ الأهمية للطريقة التي تُعيد بها سوق النفط توزيع المُنتجات لإعادة التوازن بعد الاضطرابات. تستدعي زيادة الأسعار في منطقة ما إمدادات إضافية التي قد تأتي من أسواق أخرى في الولايات المتحدة، أو من الواردات الإضافية أو قد يتم زيادتها أيضاً من خلال زيادة الإنتاج من المصافي.

في نهاية المطاف فإنه يمكن أن تكون أسعار النفط فحسب بنفس ارتفاع السوق، كما كان ذلك واضحاً خلال أواخر صيف عام 2008، وقد تكون أعلى في المناطق ذات الدخل المتاح الأعلى، إذ أن قيم العقارات والأجور وغيرها من مقاييس النشاط الاقتصادي تشير إلى أن السوق أكثر قوة، لكن مع ذلك فإنه

إذا ارتفعوا إلى مســـتوى أعلى مما قد يتحمله السوق، فسوف يبحث المستهلكون عن بدائل أو يقللون من حجم ســياراتهم وإجــراء تعديلات أخرى تقلل من اســتهلاكهم، وإذا كانت المنطقة المحلية تقدم أرباحاً عالية بشــكل غير عادي فسيدخل المنافسون السوق بسرعة، مما يدفع الأسعار في النهاية إلى الانخفاض.

تُعد أســعار النفط الخام من أهــم العوامل المحددة لأســعار المُنتجات البترولية، وهي غالباً ما تكون أهم عامل في تغير الأســعار أيضاً، فهي تعكس توازناً عاماً في السوق : عندما تكون أسعار النفط الخام منخفضة مما يعكس زيادة في حجم العرض فإن أســعار المنتجات ستكون منخفضة أيضاً، وعندما تكون أســعار النفط الخام مرتفعة وهذا ما يعكس نقص في حجم العرض أو ارتفاع في مقدار الطلب وســتكون أســعار المُنتجات مرتفعة أيضاً، وعندما يتحرك ســعر النفط الخام لأعلى أو لأســفل على أساس مُســتدام فإن التغيير سينعكس في أسواق المُنتجات، وتكون جميع الأشياء الأخرى متساوية.

3-7: التكرير والأسواق

تقوم صناعة تكرير البترول بتحويل النفط الخام إلى مجموعة واسعة من المُنتجات، وهي تشــمل غاز البترول المســال، والنفتا، والبنزين، والكيروسين، ووقود الطائرات، ووقود الديزل، وزيوت الوقود، وزيوت التشــحيم، والشــمع، والإسفلت، والمواد الأولية لصناعة البتروكيماويات (Speight,2007,2011).

يمكن إرجاع تكرير البترول إلى أكثر من 5000 عام إلى زمن السومريين عندما تم عزل المواد الإســفلتية والمنتجــات البترولية ليس من المناطق التي حدث فيها تسرب طبيعي فحسب ولكن أيضاً عن طريق التقطير (Hsu and Robinson,2006، Speight 2007,2011). إن تكرير البترول هو تقنية حديثة وقد تطورت العديد من الابتكارات خــلال القرن العشرين، فضلاً عن ذلك فإنه مع تغير خصائص المواد الأولية، ســتحتاج هذه الابتكارات إلى الاستمرار حتى يتــم تطبيق تكرير البترول كما هو معروف حاليــاً على مصادر الطاقة الأخرى والتكيف معها (Speight,2008).

تبدأ أنشـــطة المصفاة باستلام النفط الخام للتخزين في المصفاة، يليها نزح المياه وتحليتها وتشمل جميع عمليات المناولة والتكرير اللاحقة، وتنتهي عملية التكرير بالتخزين التحضيري لشحن المُنتجات المكررة من المصفاة. تستخدم الصناعة مجموعـــة متنوعة من العمليات، ويحدد تكويـــن خام النفط الخام واللوحـــة المختارة من المنتجات البترولية العمليـــات المختارة من التكرير أو مخطط تدفق المعالجة، وسيختلف اختيار هذه العمليات وترتيبها بين المصافي، وأن عدداً قليلاً إن وجد سيستخدم كل هذه العمليات.

إن المصفاة النفطية هي عبارة عن مجموعة من مصانع التصنيع المُتكاملة التي تتنوع في العدد مع مجموعة متنوعة من المُنتجات النفطية المُنتجة (Hsu and Robinson,2006، Speight,2007,2011) ويتـــم اختيارهـــا لإعطاء إنتاج متوازن للمُنتجات القابلـــة للبيع بكميات متوافقة مع الطلب على كل مُنتَج. ولمنع تراكم المنتجات غير القابلة للبيع فإنه يتوجب أن تكون المصفاة مرنة وقادرة على تغيير العمليات بحســـب الحاجة، ويتم التأكيد على تعقيد البترول بقـــدر ما تختلف الكميات الفعلية للمُنتجات اختلافاً كبيراً من نفط خام إلى آخر (Ancheyta and Speight,2007 ، Speight,2007,2011)

كانت صناعة التكرير موضوعاً للقوى الرئيسة الأربع التي تؤثر في معظم الصناعات التي عجلت في تطوير عمليات جديدة لتكرير البترول:

1 - الطلب على مُنتجات من مثل البنزين والديزل وزيت الوقود ووقود الطائرات.

2 - إمدادات المـــواد الأولية وتحديداً الجودة المتغـــيرة للنفط الخام والجغرافيا السياســـية بين مختلف البلدان وظهور إمدادات تغذيـــة بديلة من مثل البيتومين من رمال القار والغاز الطبيعي والفحم.

3 - الأنظمـــة البيئية التي تتضمن أنظمة أكثر صرامة فيما يتعلق بالكبريت في البنزين والديزل.

4 - تطوير التكنولوجيا من مثل المحفزات والعمليات الجديدة.

تم تصميم مصافي البترول وتشغيلها في الأصل لتعمل ضمن نطاق ضيق من النفط الخام ولإنتاج قائمة ثابتة نسبياً من المنتجات البترولية، ومنذ السبعينات كان على المصافي زيـادة مرونتها من أجل التكيف مع بيئـة أكثر تقلباً، وقد تستخدم المصافي العديد من المسارات الممكنة لزيادة مرونتها في داخل المصافي الحالية. ومن أمثلة هذه المسـارات هو التغيير في شـدة قواعد التشغيل لعدد مـن وحدات المعالجة عن طريق تغيير نطاق المدخلات المسـتخدمة، ومن ثم تحقيق تغيير طفيف في المخرجات، وبدلاً من ذلك فإنه يمكن للمصافي تثبيت عمليات جديدة، ويوافر هذا السـيناريو البديـل أكبر قدر من المرونة ولكنه مُقيـد بقيود التكامل الصارم للوحدات الجديدة مـع بقية المصنع الحالي، كما ينطوي على مخاطر أعلى من سـابقيه، وأنه ليس من المستغرب أن تقرر العديد من المصافي تعديل العمليات الحالية.

إن الوسـائل التي تعمل بها المصفاة الحديثة لا تعتمـد على طبيعة اللقيم البترولي أو النفوط الخام المختلفة التي تشـكل المادة الخام المخلوطة فحسب، ولكن تعتمد أيضـاً على تكوينها (أي عدد أنواع العمليات المسـتخدمة لإنتاج قائمة المنتج المطلوبة)، ويتأثر هذا بشـدة بالمتطلبات المحددة للسوق، لذلك فإن مصافي التكرير تحتاج إلى أن يتم تكييفها وتحديثها باستمرار لتظل قادرة على البقاء ومستجيبة للأنماط المتغيرة باستمرار لإمدادات النفط الخام ومتطلبات سوق المنتجات، ونتيجة لذلك فقد بدأت المصافي في إدخال التعقيد بشـكل مُتزايد من أجل إنتاج عوائد أعلى، مـن مثل الوقود الهيدروكربوني من الأجزاء عالية الغليان والبقايا.

مهما كان الاختيار ستستمر ممارسـات المصفاة في التطور وسيتم تثبيت عمليات جديـدة في العيش مع عملية معدلة قديمـة، وأن الغرض من هذا الفصل هو تقديم لمحة عامة عن التنقيح للقارئ، وعندما يتم أخذها في سياق الفصول التالية سيظهر البعض من الاختلافات التي تحدث في المصافي.

قد يختلف تكوين أي نوع من أنواع المصفاة من مصفاة إلى أخرى، وقد تكون بعض المصافي أكثر توجهاً نحو إنتاج البنزين (إصلاح كبير و/ أو تكسير تحفيزي)، في حين أن تكوين مصافي التكرير الأخرى قد يكون أكثر توجهاً نحو إنتاج نواتج التقطير المتوسطة من مثل وقود الطائرات وزيت الغاز.

تُعد المصفاة الحديثة نظاماً مُعقداً ومُتكاملاً للغاية لفصل النفط الخام وتحويله إلى مجموعة متنوعة من المُنتجات، بما في ذلك وقود النقل وزيوت الوقود المتبقية وزيوت التشحيم والعديد من المنتجات الأخرى. إن أبسط تكوين للمصفاة هو مصفاة التكرير، وهي مصممة لإعداد المواد الأولية لتصنيع البتروكيماويات أو لإنتاج الوقود الاصطناعي في مناطق إنتاج النفط البعيدة.

تتكون مصفاة التكرير topping refinery من خزان ووحدة تقطير ومنشآت استخلاص للغازات والهيدروكربونات الخفيفة وأنظمة المرافق الضرورية لمحطات مُعالجة البخار والطاقة والمياه، وتنتج مصافي التكرير كميات كبيرة من الزيوت غير المكتملة وتعتمد بشكل كبير على الأسواق المحلية، ولكن إضافة وحدات المُعالجة بالهيدروجين وإعادة التشكيل إلى هذا التكوين الأساسي ينتج عنه مصفاة أكثر مرونة للتخلص من الكبريت التي يمكنها أيضاً إنتاج وقود مقطر منزوع الكبريت وبنزين عالي الأوكتان، وقد تنتج هذه المصافي ما يصل إلى نصف إنتاجها كزيت وقود متبقٍ، وهم يواجهون خسارة متزايدة في السوق مع زيادة الطلب على زيت الوقود عالي الكبريت الذي يحتوي على نسبة منخفضة من الكبريت (حتى بدون كبريت) (Ansheyta and Speight,2007، Hsu and Robinson,2006، Speight,2007,2011).

إن أكثر تكوينات المصفاة الحديثة تنوعاً هي مصفاة التكسير التحفيزي ومصفاة التكويك (Speight,2007,2011)، وتشتمل هذه المصافي على جميع الوحدات الأساسية الموجودة في كل من مصافي التكرير العلوي والمعالجة المائية لإزالة الكبريت، ولكنها تتميز أيضاً بمصانع تحويل زيت الغاز من مثل وحدات التكسير التحفيزي والتكسير الهيدروجيني، ومحطات تحويل الأوليفين (أي

وحدات الألكلـة أو البلمرة)، ووحدات فحم الكوك لتحويل الفراغ إلى تقليل أو القضاء على إنتاج الوقود المتبقي. تنتج مصافي التكرير والتكسير التحفيزي الحديثة مخرجات عالية من البنزين، مع توزيع التوازن بين غاز البترول المسال ووقود الطائـرات ووقود الديزل وكمية صغيرة من فحـم الكوك، وأن العديد من هذه المصافي تتضمن أيضاً عمليات الاسـتخلاص بالمذيبات لتصنيع مواد التشحيم والوحدات البتروكيماوية التي يمكن بواسطتها استعادة البروبيلين والبنزين والتولوين والزيلين لمزيد من المعالجة في البوليمرات.

لتحويـل النفط الخام إلى المنتجـات المرغوبة بطريقة مجديـة اقتصادياً ومقبولة بيئياً، فإن عملية تكرير النفط الخام بعامة تنقسم إلى ثلاث فئات:

1 - عمليات الفصل والتقطير هي المثال الرئيس.

2 - عمليات التحويل التي تُعد عمليات التكويك والتكسـير التحفيزي هي أمثلة رئيسة على ذلك.

3 - عمليات الإنهاء التي تُعد المعالجة المائية لإزالة الكبريت هي مثالاً رئيسـاً على ذلك.

فضلاً عن ذلك فإنـه كما هو مذكور في مكان آخـر (الفصل 6)، يعتمد الاقتصاد العام أو قابلية المصفاة على التفاعل بين خمسة عناصر رئيسة هي:

1 - قائمة النفط الخام (أي اختيار النفوط الخام التي تقبلها المصفاة).

2 - تكوين المصفاة (أي مدى تعقيد مُعدات التكرير أو تكوين المصفاة).

3 - قائمة المُنتجات (أي النوع المطلوب وجودة المنتجات المنتجة).

4 - معدلات استخدام المصفاة (أي الجزء المستخدم من طاقة المصفاة).

5 - الاعتبارات البيئية.

يتطلب اسـتخدام النفط الخام الأكثر تكلفة والأخـف وزناً والأكثر حلاوة تطويراً أقـل لمصفاة التكرير، لكن إمـدادات النفط الخام الخفيف

والحلو آخذة في التناقص وأن الفرق بـين الخام الأثقل والأكثر تعكراً آخذ في الازدياد. إن استخدام نفط ثقيل أرخص يعني المزيد من الاستثمار في عمليات الترقية، وأنه يجب الموازنة بين التكاليف وفترات الاسـترداد لوحدات معالجة المصافي مقابل تكاليف النفط الخام المتوقعة والفرق المتوقع بين أسعار النفط الخام الخفيف والثقيل، ويجب على قوائم الخام وتكوينات المصافي أن تأخذ في الاعتبار نوع المنتجات التي ستكون مطلوبة في النهاية في السوق، كما ستزداد أهميـة مواصفات الجودة للمُنتجات النهائية إذ أن المتطلبات البيئية أصبحت أكثر صرامة.

تُوافـر صناعة تكرير البترول منتجات ضروريـة لعمل الاقتصاد، ويتم تشـغيل جميع وسـائل النقل تقريباً بما في ذلك البريـة والبحرية والجوية من خلال استعمال المنتجات المكررة من النفط الخام، كما أن الأنشطة الصناعية والسـكنية والتجارية وكذلك توليد الكهرباء تستخدم المنتجات القائمة على البـترول. إلى جانب التغيرات المتقلبة في أسـعار النفط الخـام فقد واجهت الصناعة مُتطلبات الصحة والسلامة والبيئة المُتطورة التي غيرت مُواصفات المُنتَج وضاعفتها واستثمرت رأس المال المطلوب في المصافي.

وفي الواقـع كان الطلب على المُنتجات المُكـررة - وبخاصة وقود النقل - يرتفـع باطراد على مدى العقدين الماضيين، فمنذ عام 2000 إلى عام 2002 كان استهلاك المُنتجات البترولية المُكررة في الولايات المتحدة قد بلغ ذروته عند أعلى مستوى له على الإطلاق الذي بلغ 19.7 مليون برميل يومياً.

مع نمـو الطلب على المُنتجـات البترولية فقد تغيرت جـودة المنتجات البترولية وأداءها بشـكل كبـير وذلك نتيجة للوائح البيئيـة ومتطلبات أداء السـيارات، وعلى مدى الأعوام العديدة القادمة سـتقوم الصناعة بتحديث منشآتها للأغراض الآتية:

1 - لإنتاج البنزين ووقود الديزل منخفض الكبريت.

2 - لخلط الإيثانول وأنواع الوقود الحيوي الأخرى (الفصل 9) في البنزين والديزل.

3 - للحد من الآثار البيئية لعمليات المصنع.

كانت الصناعة تنظر إلى عقد التســعينات من القرن العشرين على نطاق واســع على أنه فترة من التقلبات الاقتصادية غير المســبوقة والصعوبات التي تتميز بهوامش ربحية ضعيفة نتيجة الســعة الكبيرة الزائدة والتكلفة المتزايدة للامتثال للوائح البيئية واتجاهات أســعار النفط الخام غير المواتية، وفي الوقت نفســه فقد أدى الاندماج وإعادة هيكلة الــشركات إلى إحداث تغيير جذري في صناعة التكرير في الولايــات المتحدة. بالإضافة إلى ذلك فقد قامت مُعظم شركات النفط الكبرى المتكاملة رأســياً بتقليص أقســام تطوير تكنولوجيا العمليات الخاصة بها أو إغلاقها أو فصلها، كما أن العديد من الشركات لديها مصافي التكرير ومنافذ البيع بالتجزئة، مما أدى إلى ظهور نماذج أعمال جديدة وشركات تكرير مستقلة كبيرة.

شهدت الصناعة النفطية منذ أواخر التسعينات من القرن الماضي تغييراً هيكلياً كبيراً قد يغير متطلبات الربحية وقدرة هذه الصناعة على توفير أحجام مُنتجات ثابتة للســوق الاســتهلاكية، فضلاً عن قدرتهــا على التكيف مع المتطلبات البيئية الحالية والمستقبلية.

أصبحت العمليات في داخل الشركات أكثر اســتقلالية، وفي الماضي فإنه غالباً ما كانت شركات النفط المتكاملة رأسياً تدير عمليات المصب downstream كوسيلة لتســييل عمليات إنتاج النفط الخام، وعلى سبيل المثال فإنه غالباً ما كانت عمليات التكرير النهائية مدعومــة أو ممولة من قبل المنبع upstream. أما الآن فإن إدارة عمليات التكرير والتسويق في الولايات المتحدة تتم بعامة كوحدات أعمال قائمة بذاتها مسؤولة عن أداء أرباحها وخسائرها، ولقد أدى تصنيف وحدات الأعمال جنباً إلى جنب مع ممارسات الإدارة الجديدة إلى تركيز الانتباه على الحصول على عوائد أكبر من رأس المال الحالي، وتجنب الاســتثمار غير الضروري وخفض التكاليف.

إن البعض من التغييرات الهيكلية المهمة تميز الصناعة النفطية، إذ أن عمليات الاندماج والاستحواذ والمشاريع المشتركة كانت قد غيرت من صورة ملكية الصناعة، مما أدى إلى تغيير أنماط التركيز على الصعيدين الإقليمي والوطني، وأن التغيير في نموذج الأعمال من مكون متكامل إلى مركز ربح قائم بذاته أدى إلى تركيز الانتباه على متطلبات معدلات الربحية التنافسية من كل مرحلة في سلسلة الإنتاج إذا كان للصناعة أن تظل قابلة للحياة في شكلها الحالي. تشير الدلائل إلى أن هيكل السوق الجديد ونموذج العمل الجديد قد يتطلب أداءً اقتصادياً أفضل من الصناعة، كما أن الامتثال التنظيمي للوفاء بالمعايير البيئية التي يفرضها الكونغرس سواء أكان ذلك في المنتجات المكررة أم في مواقع المصافي يتطلب استثماراً رأسمالياً كبيراً من قبل المصافي، وقد أدى ذلك إلى انخفاض الربحية وفقاً لإدارة معلومات الطاقة EIA إلى الحد الذي يتم فيه تقليل التوسع المستمر في السعة والاستثمارات التكنولوجية أو عدم القيام بها، وبسبب انخفاض معدلات العائد فقد يزداد اعتماد الولايات المتحدة على المُنتجات المكررة المستوردة، أو قد تتعطل أسواق المُنتجات بسبب النقص وارتفاع الأسعار.

يبدو أن التوحيد وإعادة الهيكلة كان لهما التأثير المفيد الذي يقصده المسؤولون التنفيذيون بقدر ما توجد مؤشرات على أن مصافي التكرير متوسطة الحجم وكبيرة الحجم قد خفضت تكاليف التشغيل لكل برميل بمقدار الثلث، ومن ناحية أخرى فإن التخلص من السعة الاحتياطية في المصب يولد ضغطاً تصاعدياً على الأسعار في المضخة وينتج عنه نقاط ضعف في السوق على المدى القصير، ومن المرجح أن تؤدي الاضطرابات في عمليات المصفاة الناتجة عن الصيانة المجدولة والإصلاحات أو الأعطال غير المجدولة إلى نقص حاد في الإمدادات وارتفاع الأسعار كما تم قياسه في الأسابيع.

أكد ممثلو الصناعة على الطابع الإقليمي للأسواق في الولايات المتحدة، ولقد تم إبراز هذه النقطة بالإشارة إلى ما يأتي:

1 - ستراتيجيات الأعمال الإقليمية للمصافي.

2 - القيود التي تفرضها مواقع المصافي.

3 - البنية التحتية لخطوط الأنابيب.

4 - مواصفات الوقود.

بالإضافة إلى ذلك فإنه من المرجح أن تقلب السوق ونقص العرض المحتمل في حال حدوثهما سـيكون على نطاق إقليمي وليس وطني، ويُنظر إلى ســاحل الخليج والساحل الشرقي والجنوب الشرقي على أنها أقل المناطق عرضة للخطر، وذلك بسبب تركيز المصافي وخطوط الأنابيب هناك وزيادة إمكانية الوصول إلى الواردات، وكثيراً ما تم الاستشــهاد بالساحل الغربي والغرب الأوسط كمناطق مُثيرة للقلق، وذلك بسبب اللوائح البيئية الإقليمية ونقص الإمدادات البديلة التي يسهل الوصول إليها من بين قضايا أخرى.

يمكن أن تؤدي زيادة الواردات مــن المُنتجات المُكررة وبخاصة بنزين الســيارات إلى جانب الواردات المتزايدة من النفــط الخام، إلى جعل الولايات المتحدة أكثر عرضة للصدمات التي تنشــأ في سوق النفط العالمية، وقد يصبح اســتيراد بنزين المحركات إلى الولايات المتحدة بكميات مناســبة أمراً صعباً بشــكل مُتزايد، وذلك بســبب عدم توافر الإمدادات العالميــة المُتوافقة مع مُتطلبات مُواصفات الوقود في الولايات المتحدة.

أخيراً فإنه ليســت كل قرارات الاســتثمار مدفوعة باقتصاديات المصفاة وتحليل الســوق، ذلــك أن المصافي تتخذ أيضاً قرارات اســتثمارية بســبب الإجراءات الطوعية أو المتطلبات التشريعية والتنظيمية، وفي السنوات الأخيرة بذلت الحكومات والصناعة جهوداً كبيرة نحو تقليل الأثر البيئي لحرق الوقود الأحفوري. تهدف العديد من المبــادرات إلى توفير وقود أنظف، وأن تكرير البــترول هو صناعة مُعقدة للغاية وكثيفة لرأس المال، وتتطلب اللوائح البيئية الجديدة من الصناعة إجراء استثمارات إضافية للوفاء بالمعايير الأكثر صرامة.

4-7 : الربحية

زادت أرباح شركات النفط خلال السنوات الأخيرة الماضية وكانت أرباح مذهلة للغاية، وبغض النظر عن الحجم النسبي لأرباح شركات النفط، يعتقد الكثيرون أن نسبة كبيرة من أرباح شركات النفط اليوم غير مُكتسبة. بمعنى أنه تم تكبد القليل من التكلفة أو الجهد الإضافي أو لم يتم تكبدها، وتعتبر الأرباح من الزيادة الحالية في الأسعار مكاسب غير مُتوقعة قد لا تخص المُنتجين بشكل صحيح إذا كانت تأتي على حساب رفاهية المستهلك - أو هكذا تذهب الحجة.

فضلاً عن ذلك فإنه إذا تم تعريف الأرباح الزائدة على أنها عوائد أعلى من الأرباح العادية التي يمكن جنيها من خلال الاستثمارات في الأسواق الأخرى، فإن استخلاص تلك الأرباح من قبل الحكومات ممكن فحسب من خلال المزادات التي يتقدم فيها المشاركون للحصول على الحق في استخراج الموارد الطبيعية، وتأخذ هذه العطاءات في الاعتبار المخاطر وعدم اليقين بشأن النتائج المحتملة التي تتراوح من عدم الاكتشاف إلى الاكتشاف بالإضافة إلى الأسعار المنخفضة للاكتشاف بالإضافة إلى الأسعار المرتفعة.

إن مقترحات جني الأرباح بعد الحقيقة هي ليست فعالة وذلك لأنها تنتهك توقعات المستثمرين وتغير قواعد اللعبة بعد إجراء الاستثمارات، فإذا اعتقد المستثمرون أنهم قادرون على الاحتفاظ بأرباح الموارد الطبيعية، فإنهم سيقبلون المخاطرة لأن المكافآت يحتمل أن تكون جد مرتفعة. تنكث الحكومة عندما تنجح الاستثمارات، لكنها لا تساعد المستثمرين في المقابل عندما تكون العوائد أقل من التوقعات، وسيقلل المستثمرون مشاركتهم في أسواق الطاقة لأن الأرباح في الطاقة تجذب الكثير من الاهتمام السياسي مقارنة بالاستثمارات في مجالات الاقتصاد الأخرى.

إن حرمان المستثمرين من الأرباح والسماح لهم بدفع الخسائر يرقى إلى أن يكون رأسمالية أحادية الاتجاه، وأن حرمان الصناعة من فرصة تحقيق

أرباح كبيرة عندما تكون الإمدادات شــحيحة هو أمر غير عادل ويؤدي إلى نتائج عكســية، ومن حيث أنه سيثبط الاســتثمار في أعمال النفط ما لم يتم تخفيف خسائرها بالمثل خلال فترات الأسعار المنخفضة.

إن الســؤال الوحيد المتبقي هو «ما هو المقدار الكافي؟» أي شرائح الأرباح التي تحققها شركات النفط على حساب المستهلك.

7-5: References

- Ancheyta, J., and Speight. J.G. 2007. Hydroprocessing of Heavy Oils and Residua. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.
- Baillie, R., Booth, G., Tse, Y, and Zabotina, T. 2002. Price Discovery and Common Factors Models. Journal of Financial Markets, 5,305-321.
- Booth, G., Lin, J., Martikainen, T., and Tse, Y. 2002. Trading and pricing in upstairs and downstairs stock markets. Review of Financial Studies, 15,1111-1135.
- BP. 2008. BP Statistical Review of World Energy, **www.bp.com/** statisticalreview.
- Harris, L. E. 1991. Stock price clustering and discreteness. Review of Financial Studies, 4: 389-415.
- Hasbrouck, J. 1995. One security, many markets: Determining the contribution to price discovery. Journal of Finance, 50:1175-1199.
- Hasbrouck, J. (2002). Stalking the Efficient Price In Market Microstructure Specifications: An Overview. Journal of Financial Markets, 5: 329-339.
- Hsu, C.S., and Robinson, P.R. 2006. Practical Advances in Petroleum Processing. Volume 1 and Volume 2. Springer, New York.
- Huang, R. 2002. The Quality of ECN and Nasdaq Market Maker Quotes. Journal of Finance, 57:1285-1319.
- Klare, M.T. 2007. Beyond the Age of Petroleum. The Nation, November 12.
- Martens, M. 1998. Price discovery in high and low volatility periods: Open outcry versus electronic trading. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 8,243-260.
- Norman, D.A., and Shin, D. 1991. Price Adjustment in Gasoline and Heating Oil Markets. Research Study No. 060. American Petroleum Institute, Washington, DC. August.
- Pirrong, C. 1996. Market Liquidity and Depth on Computerized and Open Outcry Trading Systems: A Comparison Of DTB And LIFFE Bund Contracts. Journal

of Futures Markets, 16: 519-544.

- Sapp, S. (2002). Price Leadership in the Spot Foreign Exchange Market. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 37: 425-428.
- Speight, J.G. 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum. 4th Edition CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida.
- Speight, J.G. 2011. The Refinery of the Future, Gulf Professional Publishing, Elsevier, Oxford, United Kingdom.
- Tse, Y, & Zabotina, T. (2001). Transaction Costs and Market Quality: Open Outcry versus Electronic Trading. The Journal of Futures Markets, 21:713-735.

الفَصْلُ الثَّامِنُ

العــــرض النفـطـــي

إن النفط الخـــام هو نتاج دفن الكتلة الحيويـــة وتحويلها على مدى 200 مليون ســـنة ماضية، وتاريخياً لم يواجه ما يعـــادله كمصدر للطاقة لخصائصه الجوهرية المُتمثلة في قابلية الاستخراج وقابلية النقل والتنوع والتكلفة. لكن الكمية الإجمالية للنفط تحت الأرض هي محدودة، ومن ثم سيصل الإنتاج يوماً ما إلى ذروته ثم يبدأ في الانخفاض، وقد تكون هذه الذروة غير إرادية إذا كان العرض غير قادر على مواكبة الطلب المتزايـــد، وبدلاً من ذلك فإنه بالإمكان تحقيق ذروة الإنتاج من خلال التخفيضات الطوعية في اســـتهلاك النفط قبل بدء الحدود المادية لاســـتمرار نمو العرض، وليس من المســـتغرب أن نشـــأت مخاوف في السنوات الأخيرة حول العلاقة بين الاستهلاك المتزايد للنفط وتوافر احتياطيات النفط وتأثير الإمدادات المتناقصة المحتملة وارتفاع الأســـعار في الاقتصاد العالـــمي والرعاية الاجتماعية، وبعد بلـــوغ الذروة في إنتاج النفط العالمي فإن معدل الإنتاج ســـينخفض في النهاية، ومن ثم ســـينخفض معدل استهلاك النفط أيضاً.

يمكن العثور على النفط وإنتاجه من مصادر عدة، وحتى الآن فقد جاء إنتاج النفط العالمي بشـــكل حصري تقريباً مما يعتبر مصادر تقليدية للنفط، وبينما لا يوجد تعريف متفق عليه عالمياً لما تعنيه المصادر التقليدية فإنه يمكن إنتاج هذه المصادر باســـتخدام التقنيات السائدة اليوم، ومقارنة بالمصادر غير التقليدية التي تتطلب تقنيات أكثر تعقيداً أو أكثر تكلفة لاســـتخراجها من مثل رمال القار (رمال النفط oil sand في كندا) (الفصل 4) والسجيل النفطي oil shale (الفصل 9)، فإن التمييز بين مصادر النفط التقليدية وغير التقليدية يُعد أمـــراً مهماً وذلك لأن التكلفة الإضافية والتحديات التكنولوجية المحيطة بإنتاج المصادر غير التقليدية تجعل هذه الموارد أكثر غموضاً.

مع ذلك فإن هذا التمييز هو أكثر تعقيداً وذلك لأن ما يعتبر تقنية سـائدة يمكن أن يتغير بمرور الزمن، فعلى سـبيل المثال كان يُنظر إلى رواسب النفط البحريـة على أنها مصدر غير تقليدي منذ 50 عاماً، لكن مع ذلك فهي تعتبر اليوم من المصادر تقليدية، وهذا يتفق مع إدراج رواسب رمال القار والسجيل النفطي في المصادر غـير التقليدية، ويتم إنتاج البعـض من النفط من هذه المصادر غير التقليدية اليوم. على سـبيل المثال كانت كندا قد أنتجت في عام 2005 نحـو 1.6 مليون برميل يومياً من النفط مـن الرمال النفطية، وكان من المتوقـع أن يبلغ الإنتاج الفنزويلي من النفـط الثقيل الإضافي لعام 2005 نحو 600,000 برميل يومياً، لكن مع ذلك فإن الإنتاج الحالي من هذه المصادر جد صغير مقارنة بإجمالي إنتاج النفط العالمي.

إن احتياطيات النفط الخـام (الفصل 1) هي الكميات المقدرة من النفط التي يُدعى أنها قابلة للاسـتخراج في ظل الظروف التشـغيلية والاقتصادية الحالية، لكن مع ذلـك فإنه نظراً لخصائص المكمـن والقيود المفروضة على تقنيات الاسـتخلاص الحالية فإنه بالإمكان إحضار جزء بسيط فحسب من هذا النفط إلى السطح، وأن هذا الجزء القابل للإنتاج هو الذي يعتبر احتياطياً، ويختلف استخراج النفط الخام بشكل كبير من حقل نفط إلى حقل نفط آخر، وذلك بناءً على طبيعة الحقل وتاريخ تشـغيله وكذلك اسـتجابته للتغيرات في التكنولوجيا والاقتصاد.

ومن ثم فإنه بالإضافة إلى العوامل الجيولوجية فإن الاستخراج يعتمد على عوامل عدة أخرى يتم مناقشتها بدورها كما يأتي:

8-1: العوامل الفيزيائية

في منطقة بعد منطقة فإن القصة هي تقادم الحقول مع احتياطيات النفط المسـتنفدة، وعلى سـبيل المثال بلغ نفط بحر الشـمال البريطاني ذروته، كما تجاوزت الحقول العملاقة في ألاسـكا والاتحاد السـوفيتي السابق والمكسيك وفنزويلا والنرويج ذروتها. تمثل إمدادات النفط في الولايات المتحدة الآن أقل من نصف احتياجات البلاد، وهناك دائماً إمكانية للبعض من الاكتشـافات

الكبيرة في مناطـــق مختلفة من العالم، ولكن بمجرد العثور عليها فإن تطوير الحقول لا يزال بعيـــداً، وأن المنتجين الوحيدين الذيـــن لديهم مورد نفطي قد يكونوا قادرين على الحفاظ على تدفق النفط إلى الســـوق العالمية عند مستوى ثابت تقريباً هم منتجي أوبك في الشرق الأوســـط: المملكة العربية الســـعودية وإيران والعراق والكويت والإمارات العربية المتحدة.

ومع ذلك فإن معظـــم احتياطيات النفط في المملكة العربية الســـعودية محفوظة في حقل الغوار الكبـــير الذي تم الضخ منه منذ عام 1948، وليس من المســـتغرب أن يظهر الحقل علامات اســـتنفاد مع غمر نهايته الجنوبية بالمياه، ويمكن للمملكة العربية الســـعودية أن تحافظ على إنتاجها ثابتاً تقريباً لمدة سبع إلى عشر ســـنوات أخرى قبل أن تســـتخدم أيضاً نصف إجمالي مواردها النفطية وتتجه نحو النضوب، وســـيكون الانتقـــال إلى الحقول الأصغر لإنتاج كميات أقل من النفط الخـــام، تليها الحقول ذات الجودة الرديئة من مثل حقل منيفة.

في بلدان الخليج الأخرى فإنه من غير المرجح أن تحافظ إيران على إنتاج أعلى خلال العقديـــن المقبلين، ويمكن للكويت وإحدى الإمارات من مثل إمارة أبـــو ظبي، زيادة الإنتاج وربما تفعلان ذلك بشـــكل جيد لكن احتياطياتهما صغـــيرة مقارنة بالطلب العالمي، وأن دولة واحدة فحســـب هي العراق لديها القدرة على زيادة الإنتاج على نطاق واســـع ممـــا قد يحدث فرقاً، لكن مع ذلك فإنه لم يتم استكشـــاف إمكانات النفط في العراق بشـــكل كامل، لكن أحد التقديرات هو أن هناك 110 مليار برميل من احتياطيات النفط الخام في العراق - أي ما يعادل أكثر من ثلث إجمالي الموارد التي كانت تمتلكها المملكة العربية السعودية، ولا يمكن توفير هذا النفط على الفور لكنه متوافر على نطاق واسع للحفاظ على ارتفاع إنتاج النفط العالمي لبضع سنوات أخرى.

تُقدر معظم الدراســـات أن إنتاج النفط ســـيبلغ ذروتـــه في وقت ما بين الآن وعام 2040، وذلـــك على الرغم من أن العديد مـــن هذه التوقعات تغطي نطاقاً واسعاً من الزمن، بما في ذلك دراســـتان يمتد نطاقهما إلى القرن القادم

(Gordon, 2007). وفيما يلي أوجه عدم اليقين الرئيسة في محاولة تحديد توقيت ذروة النفط:

1 - كمية النفط في جميع أنحاء العالم.

2 - التحديات التكنولوجية والبيئية والتكلفة لإنتاج هذا النفط.

3 - عوامل المخاطر السياسية والاستثمارية التي قد تؤثر في التنقيب عن النفط وإنتاجه.

4 - الطلب العالمي المستقبلي على النفط، كما أن عدم اليقين المتعلق بالاستكشاف والإنتاج يجعل من الصعب تقدير معدل الانخفاض بعد الذروة.

إن الدراسات التي تتنبأ بتوقيت الذروة الافتراضية في إنتاج النفط (بافتراض عدم وجود اكتشافات أخرى لحقول النفط العملاقة) تَستخدم تقديرات مختلفة لمقدار النفط المتبقي في الأرض، وأن هذه الاختلافات توضح البعض من النطاقات الواسعة لهذه التوقعات. إن تقديرات كمية النفط المتبقية في الأرض غير مؤكدة إلى حد كبير، وذلك لأن الكثير من هذه البيانات يتم الإبلاغ عنها ذاتياً ولا يتم التحقق منها بواسطة مدققين مستقلين، كما أن أجزاء كثيرة من العالم لم يتم استكشافها بالكامل بعد عن النفط، ولا يوجد تقييم شامل لاحتياطيات النفط من مصادر غير تقليدية، ويشتمل عدم اليقين الذي يحيط بتقديرات موارد النفط في الأرض على عدم اليقين المحيط بتقديرات الاحتياطيات المؤكدة بالإضافة إلى عدم اليقين المحيط بالزيادات المتوقعة في هذه الاحتياطيات والاكتشافات النفطية المستقبلية المقدرة.

وفقاً للتقديرات الحالية فإنه يوجد أكثر من ثلاثة أرباع احتياطيات النفط العالمية في بلدان أوبك، ويقع الجزء الأكبر من احتياطيات نفط أوبك في الشرق الأوسط، إذ تساهم المملكة العربية السعودية وإيران والعراق بنسبة 41.8% من إجمالي احتياطيات أوبك. قدمت البلدان الأعضاء في أوبك مساهمات كبيرة في احتياطياتها في السنوات الأخيرة من خلال تبني أفضل الممارسات في

الصناعة، ونتيجة لذلك فـــإن احتياطيات أوبك المؤكدة بلغت 934.7 مليار و 900 مليار برميل بينما تبلغ الاحتياطيات من خارج أوبك بما في ذلك روســـيا في حدود 303.1 مليار برميل (BP,2008).

كانت هناك مفاجأة في تقديرات أوبك للاحتياطيات المؤكدة (Campbell and Laherrère,1998 ،) إذ زادت تقديرات أوبك بشـــكل حاد في الثمانينات، وهو ما يقابل تغيـــيراً في قواعد حصص أوبك التي ربطت حصة إنتاج أي بلد عضو جزئياً باحتياطياته المؤكدة المتبقية. وفي الواقع فإن الشركات التي لا تخضع لقوانين الأوراق الماليـــة الفيدرالية في الولايات المتحدة ومعايير المســـؤولية المتعلقة بها تشمل الشركات المملوكة بالكامل من قبل مختلف البلدان الأعضاء في أوبك حيث توجد غالبية الاحتياطيات.

بالإضافة إلى ذلـــك فقد ظلت الاحتياطيات المبلغ عنها للعديد من بلدان أوبك دون تغيير نسبياً خلال التسعينات، حتى مع استمرار المستويات المرتفعة من إنتاج النفط. على سبيل المثال ، لم تتغير تقديرات الاحتياطيات في الكويت مـــن عام 1991 إلى عام 2002 على الرغم من أن الكويت كانت قد أنتجت أكثر من 8 مليار برميل من النفط خلال تلك الفترة ولم تقم بأي اكتشافات نفطية جديدة مهمة، وأن عدم التصديق المحتمل في البيانات التي أبلغت عنها أوبك يمثل مشـــكلة فيما يتعلق بالتنبؤ بتوقيت ذروة إنتاج النفط، وذلك لأن أوبك تمتلك معظم احتياطيات النفط المؤكدة الحالية في العالم.

على أساس تقديرات الاحتياطيات في ديسمبر من عام 2007 عند نحو 1.24 مليـــار برميل من احتياطيات النفط المؤكـــدة في جميع أنحاء العالم، فإنه يوجد 934.7 مليـــار برميل (75.5%) من احتياطيات النفط في بلدان أوبك، مقارنة بـ 29.4 مليار برميل (2.4%) في الولايات المتحدة (BP, 2008).

توافر هيئة المســـح الجيولوجي الأمريكية تقديرات مـــوارد النفط التي تختلف عن تقديرات الاحتياطيات المؤكدة، وأن تقديرات الموارد النفطية أعلى بكثير لأنها تقدر قاعدة الموارد النفطيـــة الإجمالية في العالم، وليس ما ثبت الآن أنه قابل للإنتاج اقتصادياً فحسب. تشمل تقديرات الموارد من قبل قاعدة

المسح الجيولوجي الأمريكية الإنتاج السابق والاحتياطيات الحالية، بالإضافة إلى احتمالية الزيادات المستقبلية في احتياطيات النفط التقليدية الحالية (يشار إليها غالباً بنمو الاحتياطيات) وكمية النفط التقليدي المقدر الذي لديه الإمكانات لتضاف إلى هذه الاحتياطيات، وأن تقديرات نمو الاحتياطيات وتلك الموارد التي يمكن إضافتها إلى احتياطيات النفط تعتبر مهمة في تحديد موعد ذروة إنتاج النفط.

ومع ذلك، فإن تقدير هذه الاحتياطيات المستقبلية المحتملة هو أمر معقد بسبب حقيقة أن العديد من مناطق العالم لم يتم استكشافها بالكامل ونتيجة لذلك فإن هناك معلومات محدودة، وعلى سبيل المثال فإن هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية قدمت في عام 2000 تقديراً متوسطاً مقداره 732 مليار برميل يمكن إضافتها كنفط تقليدي مكتشف حديثاً، مع ما يصل إلى 25% من القطب الشمالي بما في ذلك جرينلاند Greenland وشمال كندا، والجزء الروسي من بحر بارنتس Barents. لكن مع ذلك فقد تم إجراء عمليات استكشاف قليلة نسبياً في هذه المنطقة، وهناك أجزاء كبيرة من العالم حيث توجد إمكانات لإنتاج النفط ولكن لم يتم الاستكشاف فيها، ووفقاً للمسح الجيولوجي في الولايات المتحدة فإن هناك قدراً أقل من عدم اليقين في المناطق التي تم فيها حفر الآبار، ولكن حتى في الولايات المتحدة وهي واحدة من المناطق التي شهدت أكبر عمليات استكشاف لم يتم استكشاف عدد من المناطق بشكل كامل، كما هو موضح في الآونة الأخيرة اكتشاف حقل نفط كبير محتمل في خليج المكسيك.

تؤدي المعلومات المحدودة عن المناطق المنتجة للنفط في جميع أنحاء العالم أيضاً إلى قيام هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بوضع تقديراتها لنمو الاحتياطيات على أساس كيفية نمو تقديرات الاحتياطيات في الولايات المتحدة، لكن مع ذلك فإن عدداً من الخبراء ينتقد هذه المنهجية، فهم يعتقدون أن من مثل هذا التقدير قد يكون تقدير جد مرتفع لأن تجربة الولايات المتحدة تبالغ في تقدير الزيادات في الاحتياطيات العالمية المستقبلية، وفي المقابل تعتقد

وكالة معلومات الطاقة أن تقدير هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية قد يكون منخفضاً للغاية. أصدرت هيئة المســح الجيولــوجي الأمريكية في عام 2005 دراســة تظهر أن تنبؤاتها بنمو الاحتياطيات تتماشى مع تجربة العالم من عام 1996 إلى عام 2003، ونظــراً لمن مثل هذا الجدل فإنه لا يزال هناك عدم اليقين بشــأن هذا العنصر الرئيــس لتقدير كمية النفــط في الأرض، وفي عام 2000 فإن أحدث تقييم كامل لمناطق النفط الرئيســة في العالم من قبل هيئة المسح الجيولوجي الأمريكيــة كان قد قَدم مجموعة من التقديرات عن موارد النفط التقليدية العالمية المتبقية، وكان متوســط هذا النطــاق عند نحو 2.3 تريليون برميــل، ويضم نحو 890 مليار برميــل في الاحتياطيات الحالية و 1.4 تريليون برميل التي يمكن إضافتها إلى احتياطيات النفط في المستقبل.

إن ما يساهم في عدم اليقين بشأن توقيت الذروة هو عدم وجود تقييم شامل للنفط من مصادر غير تقليدية، وعلى سبيل المثال فإن المصادر الرئيسة الثلاثة لتقديــرات النفط هي مجلة النفط والغــاز Oil and Gas Journal، وورلد أويل World Oil، والمســح الجيولوجي للولايات المتحدة United States Geological Survey، وهي بعامة لا تشــمل النفط من مصادر غير تقليدية، لكن مع ذلك فإن النفط من المصادر غير التقليدية يوجد بكميات كبيرة، فعلى سبيل المثال يمثل النفط من المصادر غير التقليدية مــن مثل رمال القار في ألبرتا، والمواد المماثلة في الرواسب الفنزويلية، وكذلك السجيل النفطي في الولايات المتحدة ما يصــل إلى 7 تريليون برميل من النفط التي يمكــن أن تؤخر بداية ذروة الإنتاج إلى حــد كبير، لكن مع ذلك فإن التحديات التي تواجه هذا الإنتاج (الفصل 9) تشــير إلى أن كمية النفط غير التقليدي التي ســيتم إنتاجها في النهاية هي غير مؤكدة إلى حد كبير.

على الرغم من عدم اليقين الظاهر هــذا، فإن تطوير النفط (النفط الخام الاصطنــاعي) وإنتاجه من رمال القار في ألبرتا وإنتاج النفط الثقيل الفنزويلي جاري الآن، إذ تشــير المعلومات المتاحة إلى أن هذه المصادر ستكون فعالة في المستقبل القريب (الفصل 5).

2-8: العوامل التكنولوجية

تـــدور القصة في منطقة بعد أخرى حول الحقول القديمة، والنوع الخاطئ مـــن النفط والنيتروجين الذي يتـــم ضخه في الآبار النفطيـــة وذلك للحفاظ على تدفقهـــا النفطي، والمناطق الجديدة التي تبين أنهـــا جافة، وأن النفط كان في ذروته الآن، ولقد تجاوزت الحقول العملاقة في ألاســـكا والاتحاد السوفيتي الســـابق والمكســـيك وفنزويلا والنرويج ذروتها، وهناك احتمال للبعض من الاكتشافات الكبيرة قبالة سواحل غرب إفريقيا لكن تطورها لا يزال يحتاج سنوات في المستقبل، وهي ليست على نطاق قادر على إحداث فرق. إن المنتجين الوحيدين الذيـــن لديهم مورد نفطي قد يكون قـــادراً على الحفاظ على تدفق النفط إلى الســـوق العالمية عند مستوى ثابت تقريباً هم بلدان أوبك في الشرق الأوســـط: المملكة العربية الســـعودية وإيران والعـــراق والكويت والإمارات العربية المتحـــدة (Fleming, 2000)، لكن مع ذلك فإنـــه من الصعب أيضاً توقـــع توقيت ذروة إنتاج النفط وذلـــك لأن التحديات التكنولوجية والتكلفة والبيئية تجعل من غير الواضح مقدار النفط الذي يمكن استخلاصه في نهاية المطـــاف من الاحتياطيات المؤكدة والمواقع التي يصعب الوصول إليها والمصادر غير التقليدية.

بلغ إجمالي إنتاج العالم من الوقود الســـائل مـــن الموارد غير التقليدية في عام 2006 نحـــو 2.8 مليون برميل يومياً، أي ما يعادل نحو 3% من إجمالي إنتاج الســـوائل، ولقد تضمن الإنتاج من المصادر غير التقليدية 1.2 مليون برميل يوميـــاً من رمال القار في كنـــدا ، و 600.000 برميل يوميـــاً من النفوط الجد الثقيلة في فنزويلا ، و 320.000 برميل من الإيثانول يومياً في الولايات المتحدة (Annual Energy Outlook, 2008).

لزيادة معدل الاســـتخلاص من احتياطيات النفط فإن الشركات تلجأ إلى تقنيات الاستخلاص المعزز للنفط التي تشير تقارير وزارة الطاقة الأمريكية إلى إمكانية زيادة معدلات الاستخلاص من 30% إلى 50 % في العديد من المواقع ، وتشمل هذه التقنيات حقن البخار أو حقن الماء الساخن، وحقن الغازات من

مثل ثاني أوكسيد الكربون، أو حقن المواد الكيميائية في المكمن لتحفيز تدفق النفط والسماح بزيادة الانتعاش. لقد تمت متابعة فرص الاستخلاص المعزز للنفط بقوة في الولايات المتحدة، إذ تسهم تقنيات استخلاص النفط المحسنة حالياً بنحو 12% من الإنتاج الأمريكي، ومن المتوقع أن يكون الاستخلاص المعزز للنفط بثاني أوكسـيد الكربون وحده قـادراً على توفير ما لا يقل عن 2 مليون برميل يومياً بحلول 2020. لكن مع ذلك فإنه قد تكون هناك حاجة للتقدم التكنولوجي من مثل تقنيات أفضل لرصد الزلازل والسـوائل للمكامن في أثناء الحقن المعزز لاسـتخراج النفط، لجعل هذه التقنيات أكثر فعالية من حيث التكلفة. فضلاً عن ذلك تعد تقنيات الاستخلاص المحسن للنفط أكثر تكلفة من طرق الإنتاج التقليدية المستخدمة في الغالبية العظمى من النفط المنتج، فالتكاليف أعلى بسبب التكلفة الرأسمالية للمعدات وتكاليف التشغيل ، بما في ذلك الإنتاج والنقل وحقن الوكلاء في الحقول الحالية وتكاليف الطاقة الإضافية لأداء هذه المهام. أخيراً فإن تقنيات استخلاص النفط المحسن تتمتع بإمكانية خلق مخاوف بيئية مرتبطـة بالطاقة الإضافية المطلوبة لإجراء حقن معزز لاسـتخلاص النفط وانبعاثـات غازات الاحتباس الحـراري المرتبطة بإنتـاج تلك الطاقة، وذلك على الرغم من أن تقييم الأثر البيئي قد ذكر أن هذه التكاليف البيئية قد تكون أقل من تلك المفروضة عن طريق إنتاج النفط في مناطق غير مطورة سابقاً، وحتى إذا كانت أسعار النفط المرتفعة المستمرة تجعل تقنيات استخلاص النفط المحسنة فعالة من حيث التكلفة لشركة النفط ، فإن هذه التحديات والتكاليف قد تمنع استخدامها على نطاق واسع.

مـن الصعب أيضاً تقدير توقيت ذروة النفط لأن المصادر الجديدة للنفط يمكن أن تكون أكثر بعداً وأكثر تكلفة لاسـتغلالها، بما في ذلك الإنتاج البحري للنفط في المياه العميقة والمياه العميقة للغاية، وقد أفاد محللو الصناعة في جميع أنحاء العالم أن جهود الحفر في المياه العميقة (على عمق 1000 إلى 5000 قدم) والمياه الجد العميقـة (5000 إلى 10000 قدم) تتركز في الخارج في إفريقيا وأمريكا اللاتينية وأمريكا الشـمالية، وكان مـن المتوقع أن تؤدي النفقات

الرأسمالية لهذه الجهود إلى نتائجها خلال عام 2011 على الأقل، ففي الولايات المتحدة يمكن أن تصل عمليات الحفر في المياه العميقة والمياه العميقة للغاية وبخاصة في خليج المكسيك إلى 2.2 مليون برميل يومياً في عام 2016 وذلك وفقاً لتقديرات إدارة معلومات الطاقة. لكن مع ذلك فإن الوصول إلى النفط وإنتاجه من هذه المواقع يواجه العديد من التحديات، وذلك لأنه في أعماق المياه العميقة يصعب اختراق الأرض وتشغيل معدات الحفر بكفاءة بسبب الضغط الشديد ودرجة الحرارة، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن أن تؤثر هذه الظروف في التحمل والموثوقية لمعدات التشغيل، وتتراوح تكاليف تشغيل منصات المياه العميقة من 3.0 إلى 4.5 مرات أكثر من تكاليف التشغيل لمنصات المياه الضحلة النموذجية، وأن تكاليف رأس المال بما في ذلك المنصات والبنى التحتية لخطوط الأنابيب تحت الماء هي أكبر أيضاً، وأخيراً فإن جهود الحفر في المياه العميقة والمياه العميقة للغاية بعامة تواجه مخاوف بيئية مماثلة لجهود الحفر في المياه الضحلة، على الرغم من أن البعض من عمليات المياه العميقة قد تشكل مخاوف بيئية أكبر للنظم الإيكولوجية الحساسة للمياه العميقة.

من غير الواضح هو مقدار النفط الذي يمكن استخراجه من المصادر غير التقليدية، إذ يمكن أن يؤدي الاستخلاص من هذه المصادر إلى تأخير ذروة إنتاج النفط أو إبطاء معدل انخفاض الإنتاج بعد الذروة، فهناك خلاف وكثير من التكهنات حول معدل الانخفاض والخلاف بشأن أهمية الدور الذي ستلعبه هذه المصادر غير التقليدية في المستقبل، لكن مع ذلك فإن تقديرات وكالة الطاقة الدولية لإنتاج النفط تجعل النفط التقليدي يستمر في تضمين كل الإنتاج تقريباً حتى عام 2030.

سيستغرق تطوير التقنيات وتبنيها على نطاق واسع لتحل محل النفط وقتاً وجهداً، وقد يكون لذروة وشيكة وانخفاض حاد في إنتاج النفط عواقب وخيمة، وأن التقنيات التي فحصناها حالياً توافر ما يعادل نحو 1% فحسب من الاستهلاك السنوي للولايات المتحدة من المنتجات البترولية، وفي مشاريع

وزارة الطاقة الأمريكية أنه حتى في ظل السيناريوهات المتفائلة فإنه يمكن لهذه التقنيات أن تحل محل ما يعادل نحو 4% فحســـب من استهلاك الولايات المتحدة الســـنوية المتوقع بحلول عام 2015. فإذا مـــا تجاوز الانخفاض في إنتاج النفط قدرة التقنيات البديلة على اســـتبدال النفط فسيكون استهلاك الطاقة مقيداً، ومع تنافس المســـتهلكين على موارد النفط النادرة بشـــكل متزايد فإن أسعار النفط سترتفع بشـــكل حاد، وفي هذا السياق يمكن أن تشبه العواقب في البداية تلك الصدمات الســـابقة في إمدادات النفط التي ارتبطت بأضرار اقتصادية كبيرة. على ســـبيل المثال: تســـببت الاضطرابات في إمدادات النفط المرتبطة بالحظر النفطـــي العربي في 1973-1974 والثورة الإيرانية 1978-1979 في زيادات غير مسبوقة في أسعار النفط وارتبطت بالركود العالمي، وبالإضافة إلى ذلك فإن عدد من الدراســـات التي استعرضناها يشير إلى أن معظم فترات الركود الأمريكية في حقبة ما بعد الحرب العالمية الثانية ســـبقتها صدمات في إمدادات النفط وما صاحبها من ارتفاع مفاجئ في أسعار النفط.

وفي نهاية المطاف فإنـــه يمكن أن تطول عواقب ارتفـــاع إنتاج النفط والانخفاض الدائم في إنتاجه صدمات شـــديدة في إمـــدادات النفط أكثر من تلك الســـابقة، وحتى مع ذلك فإن معدل الانخفاض هـــو موضوع للمضاربة، وأن الشيء الوحيد المؤكد هو أن معدل الانخفاض سيحدث، وأن المتغير الأكثر أهمية هو كمية النفط المتبقية في المكامن النفطية، ولكن حتى ذلك الحين فإن هذا الأمر يخضع للنقاش والخطأ، مما يجعل من الصعب تقدير معدل الانخفاض للحقول النفطية في الإنتاج (Eagles,2006، Gerdes,2007، Jackson, 2007). وفي أحسن الأحوال فإنه يمكن حســـاب العموميات، فعلى سبيل المثال فإنه بالنســـبة للحقول الحالية في الإنتاج فإن معدل الانخفاض بالإنتاج المنخفض البالغ 2% ســـنوياً قد يؤدي إلى ذروة النفط في نحو عام 2018 بينما يؤدي معدل الانخفاض الأكثر اعتدالاً عند 4.5% ســـنوياً إلى ذروة النفط في نحو عام 2015 وأن معدل الانخفاض المرتفع الذي يبلغ 8% في العام ســـيؤدي إلى ذروة النفط في نحو عام 2010.

بالإضافــة إلى ذلك ونظراً لأن الانخفاض لن يكــون مؤقتاً ولا يمكن عكســه، فستســتمر الآثار حتى تصبح تقنيات الإحلال البديلة لتحل محل النفط متوافرة بكميات كافية بتكاليف مماثلة، فضلاً عن ذلك فإنه نظراً لأن إنتاج النفط يمكن أن ينخفض أكــثر كل عام بعد بلوغ الذروة، فإن الكمية التي يجب استبدالها بالبدائل يمكن أن تزيد أيضاً عاماً بعد عام.

3-8: العوامل الاقتصادية

يهيمن على اقتصاديات النفط قرب إنتاج النفط مما يسمى ذروة النفط peak oil، فالانخفاض في اكتشــاف النفط خلال العقــود الماضية يعني أن الإنتاج أيضاً يجــب أن يتراجع، في حين أنه قد تكون هنــاك تقلبات قصيرة الأجل في أســعار النفط عندما يكون هناك اعتقاد بأن السعر في المستقبل سيكون أعلى من ســعر التسليم الفوري، وسيكون هناك موجة من نشاط السوق لشراء عقود قصيرة الأجل وســيؤدي هذا الأمر إلى رفع الأسعار، مما يؤدي إلى توازن جديد عند مســتوى أعلى بكثير ويؤدي أيضاً إلى إقنــاع المنتجين بأنه كلما تركوا النفط في الأرض لفترة أطول، كان الســعر الذي سيحصلون عليه أفضل (Fleming, 2000).

بالإضافة إلى ذلك فإنه قد يكون الاســتثمار الأجنــبي في قطاع النفط ضرورياً لجلب النفط إلى الســوق العالمية، لكن العديد من البلدان كانت قد قيدت الاســتثمار الأجنبي، وقد يؤدي نقص الاســتثمار إلى تسريع بلوغ ذروة إنتاج النفط لأن البنية التحتية المناسبة قد لا تكون متاحة للعثور على النفط وإنتاجه عند الحاجة وذلــك لأن الخبرة الفنية قد تكون غير متوافرة. يتضح الدور المهم الذي يلعبه الاستثمار الأجنبي في إنتاج النفط في كازاخستان إذ أدى فتح قطاع الطاقة أمام الاســتثمار الأجنبي في أوائل التسعينات إلى مضاعفة إنتــاج النفط بين عامي 1998 و 2002، وبالإضافــة إلى ذلك كنا قد وجدنا أن الاســتثمار الأجنبي المباشر في فنزويلا كان قويــاً يرتبط بإنتاج النفط في ذلك البلد، وعندما انخفض الاستثمار الأجنبي بين عامي 2001 و 2004 فقد انخفض إنتاج النفط أيضاً.

يمكن أن يؤدي نقص الخبرة الفنيـــة إلى تقنيات حفر أقل تعقيداً تقلل فعلياً من القدرة على استخلاص النفط من المكامن الأكثر تعقيداً، وعلى سبيل المثال فإنه وفقاً لمســؤولي الصناعة النفطية في روسيا يواجه البعض من الآبار الروســية صعوبات في قطع المياه بشكل كبير (نسبة عالية من الماء إلى النفط)، مما يجعل من الصعب إخراج النفط من الأرض عند مســتويات أسعار معينة للنفط الخام. تنبع مشــكلة انقطاع المياه هذه من عدم اســتخدام الأســاليب المتقدمــة تقنياً عندما تــم حفر الآبار في البداية، وكذلــك فإن شركة النفط الوطنية الفنزويليــة PDVSA كانت قد فقدت الخــبرة الفنية عندما فصلت آلاف الموظفين بعــد إضراب في عامي 2002 و 2003، وفي المقابل فإنه يُنظر إلى شركات النفط الوطنية الأخرى من مثل أرامكو السعودية على نطاق واسع على أنها تمتلك خبرة فنية كبيرة.

توجد نسبة عالية من نحو 85% من احتياطيات النفط المؤكدة في العالم في بلدان ذات مخاطر استثمار متوسطة إلى عالية أو حيث يُحظر الاستثمار الأجنبي، فعلى ســبيل المثال يوجد أكثر من ثلث احتياطيات النفط المؤكدة في العالم في خمس بلدان فحســب هي: الصين وإيران والعراق ونيجيريا وفنزويلا، وأن كل هذه البلدان لديها احتمالية كبيرة لرؤية مناخ اســتثماري أســوأ. تحظر ثلاث بــلدان ذات احتياطيات نفطية كبيرة (المملكة العربية الســعودية والكويت والمكسيك) الاستثمار الأجنبي في قطاع النفط، كما أن معظم البلدان الرئيسة المنتجــة للنفط لديها نوع من القيود على الاســتثمار الأجنبي، فضلاً عن ذلك فإنه وفقاً لوزارة الطاقة الأمريكية يبدو أن البعض من البلدان التي سمحت ســابقاً بالاســتثمار الأجنبي في القطاع النفطي من مثل روسيا وفنزويلا فإنها تعيد تأكيد سيطرة الدولة على هذا القطاع.

قد يكون لشركات النفط الوطنية دوافــع إضافية لإنتاج النفط بخلاف تلبية طلب المســتهلكين، فعلى سبيل المثال يستخدم عدد من البلدان البعض من أربــاح الشركات الوطنية لدعم التنمية الاجتماعيــة والاقتصادية المحلية في بلدانهم بدلاً من التركيز على التطوير المســتمر للتنقيب عن النفط وإنتاجه

للاســـتهلاك في جميع أنحاء العالم، وبالنظر إلى كمية النفط التي تسيطر عليها شركات النفط الوطنية، فإن هذه الأنواع من الإجراءات لديها القدرة على إنتاج النفط الذي لم يتم تحسينه للاستجابة للزيادات في الطلب على النفط.

في حين أن أسعار النفط المرتفعة الحالية قد تشجع على تطوير بدائل للنفط واعتمادها، فإنه إذا لم تستمر أسعار النفط المرتفعة فقد تتراجع الجهود المبذولة لتطوير البدائل وتبنيها، ولقد شجعت أســعار النفط المرتفعة والمخاوف من نفاد النفط في الســبعينات وأوائل الثمانينات من القرن الماضي الاستثمارات في مصــادر الطاقة البديلة، بما في ذلك الوقود الاصطناعي المصنوع من الفحم ولكن عندما انخفضت أســعار النفط فقد أصبحت الاســتثمارات في هذه البدائل غير اقتصادية. وفي الآونة الأخــيرة فقد ازداد اهتمام القطاع الخاص بالوقود البديل بما يتوافق مع ارتفاع أســعار النفط، ولكن عدم اليقين بشأن أسعار النفط المســتقبلية يمكن أن يكون عائقاً أمام الاستثمار في مشاريع الوقود البديلة المحفوفة بالمخاطر، كمــا أن الاهتمام بكفاءة الوقود يميل إلى الزيادة مع ارتفاع أسعار البنزين وانخفاضه عند انخفاض أسعار البنزين.

فضلاً عن ذلك فإن المبــادئ الاقتصادية التي تشرح كيفية عمل اقتصاد الســوق، تميل إلى الانهيار عند تطبيقها على الموارد الطبيعية من مثل النفط، وفي الواقع فإن هناك طريقتان لا تنطبق بهما مبادئ اقتصاديات الســوق على النفط الخام هما: (1) السعر الحالي للنفط ليس له تأثير فعلي في معدل اكتشافه و (2) قواعد العرض والطلب لا تصمد دائماً ، ولا يؤدي ارتفاع ســعر النفط الخام دائماً إلى زيادة الإنتاج.

لا تــزال هناك كمية كبيرة من النفــط في الأرض ولكن ما يهم حقاً هو ليســت الكمية المتبقية، ولكن نقطة التحول التي يصل فيها تدفق النفط إلى ذروته ويبدأ في التراجع، فضلاً عن ذلك فإن العالم يســتخدم حالياً ما لا يقل عن 30% من النفط أكثر مما كان عليه الحال في عام 1970، وحقيقة أن استهلاك العالــم من الغاز قد ارتفع عدة مرات لا يعني أن هناك اعتماداً أقل على النفط وأن هــذا يعني أن العالم أصبح أكثر اعتمــاداً على الغاز، يوصف الانتقال إلى

مصادر بديلة للطاقة على أنه المنقذ للبلدان المســتهلكة للطاقة، لكن هناك دائماً تأخيرات في الوقت.

هناك افتراضات بأن مصادر الطاقة المتجددة ســتظهر في الوقت المناسب لتتولى مســؤولية النفط، وأن كل ما هو مطلوب هو انتظار إشارة السعر بقدر ما سيصبح النفط أكثر تكلفة فســتكون الطاقة من المصادر البديلة متاحة على الفور وســتُحَل مشاكل الطاقة. يتعلق الســؤال الذي لم تتم الإجابة عليه بالإجــراءات المالية التي اتخذتها بلدان أوبك التي قــد تردع الحكومات عن معالجــة تطوير الطاقات البديلة الأكثر تكلفة وتمويلها، كما يتعين على المرء أن يتساءل عما إذا كان السياسيون في مختلف مستويات الحكومة يرغبون في إخبار ناخبيهم على ســبيل المثال أن البنزين من مصدر مُتجدد سيكلف أكثر من البنزين من البترول مع خطر فقدان الأصوات ومقاعدهم في الحكومة.

بالإضافة إلى ذلك فإن تطوير مصــادر طاقة بديلة لملء الفراغ الذي نتج عن نهاية البترول سيستغرق وقتاً، وسيحتاج تطوير أنظمة الطاقة المتجددة إلى الدعم من خلال إجراءات حاسمة ومنســقة بشكل جيد من قبل الحكومات في برامج مستدامة متعددة العقود. عندها فحسب ستكون المصادر المتجددة مستعدة لتكملة البترول، ومن الواضح أيضاً أنه إذا انتظرت البلدان المستهلكة للنفط أن تعطي السوق إشارة سعرية بأن أشكال الطاقة المتجددة يجب أن يتم تطويرها الآن، فإن الجهد الذي ســنبدأه بعد 25 عاماً ســيُكون هناك فجوة في الطاقة مزعزعة للاستقرار.

يهيمن على اقتصاديات النفط الآن قربها الشديد من ذروة الإنتاج، ويعني الانخفاض الحاد في اكتشاف النفط منذ عام 1965 أن الإنتاج يجب أن يتراجع في نهاية المطــاف إلى ما بعد نقطة اللا عودة، وتشــير الارتفاعات الأخيرة في أســعار النفط إلى أن الأســعار المرتفعــة للغاية المرتبطــة بصيف عام 2008 والتقلبات نحو الأسعار الأكثر اعتدالاً هي أسعار مؤقتة. ومن المتوقع أن يؤدي التوتر بين الطلب وانخفاض النمو في العرض إلى إرتفاع الأســعار مرة أخرى، وعندما يبدأ المستهلكون في الاعتقاد بأن السعر في المستقبل سيكون أعلى من

سعر التسليم فإنه سيكون هناك اندفاع لشراء عقود قصيرة الأجل تؤدي إلى توازن سعر جديد ولكن عند مستوى أعلى بكثير، وقد يكون هذا أيضاً إشارة للمنتجين بأنهم كلما تركوا النفط في الأرض لفترة أطول سيؤدي ذلك إلى ارتفاع سعر النفط، مما يؤدي إلى حالة من الجمود بين الأسعار المرتفعة والطلب المسطح قبل أن ينهار العرض ويتحول إلى انخفاض.

ستؤثر عواقب من مثل هذا التدهور الاقتصادي في الغرضين الرئيسيين لاستخدام النفط من أجلهما وهما: الغذاء والنقل.

تعتمد الزراعة في العالم المستهلك للنفط بشكل كبير على النفط الخام، ولكن يمكن تقليل هذا الاعتماد عن طريق التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة من مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، لكن مع ذلك فإن هذا الأمر يستدعي مفهوم فترة انتقالية متعددة السنوات - ربما عقدين من الزمن، وباختصار فإن الاعتماد الذي يلعبه النفط الخام في توفير الغذاء يكاد يكون غير قابل للتفاوض وسيجبر المستهلكين على الاستمرار في شراء النفط إلى أقصى حد من مواردهم.

ستظل الحاجة إلى النفط الخام لمواصلة حركة النقل في الولايات المتحدة حقيقية ولا مفر منها لمدة 25 عاماً قادمة على الأقل، ويتم الآن تنظيم الاقتصاد الأمريكي على افتراض النقل الرخيص لمسافات طويلة، وكما هو واضح بالفعل في هذه الأوقات فإن إمدادات النفط الخام في تراجع، وتعمل الولايات المتحدة على زيادة استهلاكها. مع اقتراب الحياة اليومية للمستهلكين من الاعتماد على النقل البري، فإنه من الواضح بالفعل أن المستهلكين يجهدون للتعامل مع الأسعار وهناك بالفعل علامات على عدم الاستقرار الاقتصادي.

إن الحكومات الآن هي في مأزق ويجب أن تعترف بهذه المشكلة مع الآثار المترتبة على أن اقتصاديات النفط التي يجب أن تؤخذ على محمل الجد، فإذا ما استمر الحاجز بين التفكير العقلاني والرضا المؤسسي فسيكون مستقبل الطاقة قاتماً.

نظراً لأن الحكومات تعــترف في النهاية بمشـــكلة العرض والطلب على النفـــط والعواقب الاقتصادية المختلفة، فإنه يجـــب أن تكون الخطوة الأولى هي إقامة حوار مع جمهورها وليس مع الاســـاقفة البابوية، إذ تحتاج الحكومة إلى إبلاغ الجمهور بالإجراءات المقترحة لأنـــه بحلول ذلك الوقت (ربما حتى الآن)، سيطلب الجمهور من القادة السياسيين الذين يقدمون أنفسهم لهم على أن يتجهوا نحو الاستقرار الاقتصادي.

على ســـبيل المثال، يجب على الحكومات تنظيم البحث عن مصادر الطاقة البديلة وتقنيات الصيانة، لكن مع ذلك فإن نظام الطاقة القائم على المصادر المتجـــددة غير قادر في هذا الوقت على توفير الطاقة اللازمة للنقل على النطاق الحالي، ولكن مع ذلك فإنه يجب إنشاء بداية ذات مغزى (وليس رمزاً)، وأن التقنيات المتاحة من مثل الطاقة الشمســـية وطاقة الرياح يجب تطبيقها بشكل عاجل.

في مصلحة الاســـتقرار الاقتصادي فإنه قد تكون هناك حالة على الرغم من آثار تغير المناخ للولايات المتحدة وغيرها من البلدان الغنية بالفحم، وذلك بالانتقال إلى استخدام الفحم كمصدر لوقود النقل (الفصل 9). إذ يمكن أن يساعد استخدام الفحم هذه البلدان على كسب الوقت في شكل نظام طاقة قائم على الفحم الذي سيسمح بتطوير مصادر مســـتقبلية للطاقة البديلة، وخلال هذا الوقت ســـيتم تعويض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون المتزايدة جزئياً عن طريق انخفاض الانبعاثات من النفط.

4-8: العوامل الجيوسياسية

قد لا تكون الصـــورة الحقيقية لإمدادات النفـــط معروفة أبداً، ونظراً لصعوبة الأمر بســـبب مجموعة متنوعة من العوامل فإن الإبلاغ عن البيانات حول إنتاج النفط أو احتياطيات النفط هو عمل سياسي (Laherrère, 2001)، ولإرضاء المصرفيين والمســـاهمين فإن لجنة الأوراق الماليـــة والبورصات فإن شركات النفط المدرجة في سوق الأوراق المالية الأمريكية تُلزَم بالإبلاغ عن الاحتياطيات المؤكدة فحسب وحذف الاحتياطيات المحتملة التي يتم الإبلاغ

عنهـــا في بقية العالم. يمكن أن تؤدي هذه الممارســـة المتمثلة في الإبلاغ عن الاحتياطيات المؤكدة فحسب إلى نمو احتياطي قوي لأن 90% من احتياطيات النفط المضافة السنوية تأتي من مراجعات الحقول القديمة، مما يدل على ضعف الإبــلاغ عن تقييم الحقول، ويُعزى هذا النمـــو في احتياطي النفط التقليدي بشـــكل غير صحيح إلى التقدم التكنولوجي، فالبيانات الفنية التي تستند إليها قرارات التطويـــر موجودة ولكنها سرية، والإبلاغ عـــن الإنتاج ليس أفضل بكثير، وقد يعطي انطباعاً خاطئاً عن وفرة النفط (Simmons, 2000).

يتم تحديد تســـعير النفط الخام بشكل عام سياســـياً، ويُعامل النفط الخام كســـلعة ومن ثم فإنه يتم تـــداوله من أجل الربح من قبـــل الشركات الخاصة والبـــلدان المُنتجة، ولطالما كان يُنظر إلى النفـــط الخام على أنه يخضع للتفاعل الحر للقوى التنافسية، ولكنه يتأثر في الواقع بالاعتبارات السياسية. إن شركات النفـــط الحديثة التي تمتلك أصولاً أكبر من تلـــك الموجودة في معظم البلدان حافظت على الرقابة الأساســـية على تطوير الطاقة بالكامل، وأن ملخص موجز لتاريخ النفط (الفصل الأول) ســـيظهر الطريقة التي تدخل بها السياســـة في صورة النفط.

بدأ العـــصر الحديث لإنتاج النفط والعصر اللاحق لسياســـة البترول في 27 أغســـطس من عام 1859، عندما حفر إدوين دريك Edwin L. Drake أول بئر نفطية ناجحة على عمق 69 قدماً بالقرب من تيتوســـفيل في شـــمال غرب بنسلفانيا، وقبل خمس ســـنوات فحسب أدى اختراع مصباح الكيروسين إلى إشـــعال الطلب الشـــديد على النفط، ومن خلال حفره لبئر نفطية كان دريك يأمـــل في تلبية الطلب المتزايد على النفط للإضاءة والتشـــحيم الصناعي. ألهم نجاح دريك مئات الشركات الصغـــيرة للتنقيب عن النفط، وفي عام 1860 بلغ إنتاج النفط العالمي نصف مليون برميل، وبحلول ســـبعينات القرن التاســـع عـــشر ارتفع الإنتاج إلى 20 مليون برميل ســـنوياً، وفي عام 1879 تم حفر أول بـــئر نفطية في ولا يـــة كاليفورنيا تلاها حفر بئر أخـــرى في عام 1887 في ولا ية تكســـاس، ومع ازدهار الإنتـــاج فقد انخفضت الأســـعار وانخفضت أرباح

الصناعة النفطية، حتى عام 1882 كان جون دي روكفلر John D. Rockefeller قد ابتكر حلاً لمشكلة المنافسة في حقول النفط Standard Oil Trust، لقد جمع روكفلـــر 40 من مصافي التكرير الرائدة في البلاد ومن خلال ســيطرة شركته على التكرير، فقد تمكنت شركة ستاندرد أويل Standard Oil من التحكم في سعر النفط.

اســـتمر إنتاج النفط في الارتفاع خلال أوائـــل القرن العشرين، وبحلول عام 1920 وصـــل إنتاج النفط إلى 450 مليون برميل، مما أثار المخاوف من نفاد النفط في البلاد، ولقد توقع المســـؤولون الحكوميون أن احتياطيات النفط في البلاد ستســـتمر لمدة عشر سنوات فحســـب، وحتى عام 1910 كانت الولايات المتحدة الأمريكية قد أنتجت ما بين 60 إلى70% من إمدادات النفط العالمية. ومع تزايد الخوف من اســـتنفاد احتياطيات النفط الأمريكية بشـــكل خطير فقـــد تحول البحث عن النفط إلى جميع أنحاء العالم، فقد تم اكتشـــاف النفط في المكســـيك في بداية القرن العشرين، وفي إيـــران في عام 1908، وفي فنزويلا خلال الحرب العالمية الأولى، وفي العراق في عام 1927، وقد حدثت العديد من الاكتشافات النفطية الجديدة في مناطق كانت تسيطر عليها بريطانيا وهولندا من مثل جزر الهند الشرقية وإيران والانتداب البريطاني في الشرق الأوســـط، وبحلول عام 1919 ســـيطرت بريطانيا على 50% من احتياطيات النفط المؤكدة في العالم.

اندلع صراع مرير للســـيطرة على احتياطيـــات النفط العالمية بعد الحرب العالمية الأولى، ولقد اســـتبعد البريطانيون والهولنديون والفرنسيون الشركات الأمريكية مـــن شراء حقول النفط في المناطق الواقعة تحت ســـيطرتهم، رد الكونجـــرس في عام 1920 بتبـــني قانون تأجير المعـــادن الذي منع الوصول إلى احتياطيـــات النفط الأمريكية لأي دولة أجنبيـــة تقيد وصول أمريكا إلى احتياطياتهـــا، ولقد تم حل النزاع في نهايـــة المطاف خلال عشرينيات القرن الماضي عندما سُـــمح لشركات النفط الأمريكية أخـــيراً بالتنقيب في الشرق الأوسط البريطاني وجزر الهند الشرقية الهولندية.

انتهى الخوف من نفاد احتياطيات النفط الأمريكية بشكل مفاجئ في عام 1924 وذلك مع اكتشـــاف حقول نفط جديدة هائلة في تكساس وأوكلاهوما وكاليفورنيا، ولقد تضافرت هذه الاكتشـــافات إلى جانب الإنتاج من الحقول الجديدة في المكســـيك والاتحاد السوفيتي وفنزويلا لتؤدي إلى انخفاض حاد في أسعار النفط. بحلول عام 1931 ومع بيع النفط الخام مقابل 10 سنتات للبرميل ، طالب منتجو النفط المحليون بفرض قيود على الإنتاج من أجل رفع الأسعار، ولقد تجاوزتا تكساس وأوكلاهوما قوانين الولاية ونشرتا وحدات الميليشيات في الحقول النفطية لمنع الحفارين من تجـــاوز حصص الإنتاج، وعلى الرغم من هذه الإجراءات فقد استمرت الأسعار في الانخفاض.

تدخلـــت الحكومة الفيدرالية في محاولة أخيرة منها لحل مشـــكلة فائض الإنتاج، وفي ظل إدارة الانتعاش الوطنية فقد فرضت الحكومة الفيدرالية قيوداً على الإنتاج وقيوداً على الاســـتيراد ولوائح للأسعار، وبعد أن أعلنت المحكمة العليا أن قانون الموارد الطبيعية هو قانون غير دستوري فقد فرضت الحكومة الفيدرالية تعريفة جمركية على النفط الأجنبي.

اختفـــت فوائض النفط التي تم تحقيقها في عقد الثلاثينات بسرعة خلال الحرب العالمية الثانية، إذ جاء ستة مليار من أصل سبعة مليار برميل من النفط اســـتخدمها الحلفاء خلال الحرب من الولايات المتحدة، ولقد بدأ المسؤولون العموميون مرة أخرى في إظهار القلق من نفاد النفط في الولايات المتحدة.

من ناحية أخرى كانت أســـعار النفط العالمية منخفضة للغاية لدرجة أن إيران وفنزويلا ومنتجي النفط العرب اجتمعوا معاً في عام 1960 لتشكيل أوبك (منظمة البـــلدان المصدرة للنفط) للتفاوض من أجل ارتفاع أســـعار النفط، وبحلول أوائل السبعينات اعتمدت الولايات المتحدة على الشرق الأوسط لثلث نفطها، وأصبح منتجو النفط الأجانب أخيراً في وضع يســـمح لهم برفع أسعار النفط العالمية، وأن الحظر النفطي لعامي 1973 و 1974 الذي تضاعفت خلاله أســـعار النفط أربع مرات، وأزمة النفط عامي 1978 و 1979 عندما تضاعفت أسعار النفط أكدا على ضعف الولايات المتحدة أمام المنتجين الأجانب.

كان لأزمات النفط في الســبعينات آثار جانبيــة غير متوقعة، فقد حفز ارتفاع أســعار النفط على الحفاظ على مصادر النفط الجديدة والتنقيب عنها، ونتيجة لزيادة الإمدادات وتراجع الطلب فقد انخفضت أسعار النفط من 35 دولار للبرميل في عام 1981 إلى 9 دولار للبرميل في عام 1986، وكان الانخفاض الحاد في أسعار النفط العالمية أحد العوامل التي أدت إلى غزو العراق للكويت المجاورة في عام 1990، وللســيطرة على 40% من احتياطيات النفط في الشرق الأوسط.

ومن ناحية أخرى فإن منتجي النفط العاملين خارج كارتل أوبك مسؤولون عن إنتاج 60% من نفط العالم ويواجهون عقبات متزايدة في الإنتاج، لكن مع ذلك فإن العديد من المنتجين من خارج أوبك لديهم آبار قديمة وأقل إنتاجية وتكاليف مشــاريع جديدة مرتفعة، وفي بعض الحالات فإن ارتفاع الطلب المحلي لديهــم قد يخفض من حجم صادراتهم، لقد جعلت الأســعار المرتفعة مشــاريع النفط الصعبة أكثر ربحية، مما أدى إلى زيادات في إنتاج النفط غير التقليدي لكن هذا الأمر كان قد تغير. يأتي الانخفاض في الإنتاج من خارج أوبك في وقت يكون فيه الاســتثمار في إنتاج النفــط الجديد أكثر صعوبة، وذلك بســبب تشديد أسواق الائتمان وتقلب أسعار النفط وتأميم الموارد، وفي حين أنه من المتوقع أن يقوم عدد قليل من المنتجين بتعويض البعض من هذه الانخفاضات، فإن الإنتاج الجديد يأتي بشــكل أبطــأ مما كان متوقعاً في الأصل ويدخل العالم فترة من الطلب المتزايد وسط شح الإمدادات (NPC, 2007).

إن خمســة من أكبر 15 دولة منتجة للنفط في العالم هم من خارج أوبك، واعتباراً من عام 2008 فإن هذه البلدان هي روســيا والولايات المتحدة والصين والمكســيك وكندا والنرويج والبرازيــل http://tonto.eia.doe.gov/ country/ index.cfm، ولقد أنتجت البلدان غــير الأعضاء في أوبك ما يقرب من 60% من إجمالي الإنتاج لهذا العام.

لكن مع ذلــك يواجه العديد من المنتجــين النفطيين من خارج أوبك آباراً تنضب بسرعة، فقد شهد عدد من المنتجين الرئيسيين من مثل الولايات

المتحدة والمكسيك والنرويج انخفاضاً في حجم الإنتاج في السنوات الأخيرة، ولكن من ناحية أخرى فإن الإنتاج من خارج أوبك وعلى الرغم من انخفاضه فقد عززه الزيادات الكبيرة في الإنتاج من البرازيل وكندا وروسيا ودول سوفيتية سابقة أخرى (BP, 2008)، وفي عام 2009 كان من المتوقع أن يرتفع الإنتاج من خارج أوبك بمقدار 1.5 مليون برميل يومياً.

5-8: نفط الذروة

بعد أن تم أخذ جميع القضايا المذكورة أعلاه في الاعتبار، فإنه لا تزال هناك مشكلة هي في الواقع مزيج من تلك المذكورة أعلاه، وهذه هي ذروة النفط ، وهي النقطة الزمنية التي تحقق فيها الحد الأقصى لمعدل استخلاص النفط العالمي، وبعد ذلك يدخل معدل الإستخلاص في حالة انخفاض نهائي (Deffeyes, 2002, 2005).

ومع ذلك فإن ذروة النفط لا تتعلق بنفاد النفط ولكنها تتعلق بالذروة والانخفاض اللاحق لمعدل إنتاج النفط، ولقد فسر العديد من المراقبين ذروة النفط على أنها تعني أن العالم سينفد منه النفط في وقت الذروة، وأنه غالباً ما يُعتقد أن الجانب السلبي (جانب الإنتاج المنخفض من المنحنى) هو الهاوية التي تسارع البلدان المستهلكة للنفط (الدول المستوردة للنفط) إلى نسيانها.

8-5-1: نظرية ذروة النفط

أنشأ إم كينج هوبرت M. King Hubbert نظرية ذروة هوبرت في عام 1956 للتنبؤ بدقة بأن إنتاج النفط في الولايات المتحدة سيصل إلى الحد الأقصى بين عامي 1965 و 1970 (Hubbert, 1956). يعتمد المفهوم على معدلات الإنتاج الملحوظة لآبار النفط الفردية، ومعدل الإنتاج المجمع لحقل من آبار النفط ذات الصلة، ويبدو أن معدل الإنتاج الكلي من حقل نفطي وبمرور الزمن سينمو بشكل كبير حتى يصل المعدل إلى ذروته ثم ينخفض بسرعة في بعض الأحيان حتى ينضب الحقل.

وفقاً لافتراض هوبرت فإن معدل إنتاج مورد محدود من مثل النفط الخام سيتبع منحنى على شكل جرس يمثل زيادة في الإنتاج يتبعها معدل إنتاج متناقص ثم انخفاض في الإنتاج، فضلاً عن ذلك، فقد ثبت أن نموذج هوبرت يصف ذروة الإنتاج وتراجعه من حقول النفط في العديد من البلدان (Brandt, 2007).

توقع هوبرت في عام 1974 أن ذروة النفط ستحدث (إذا استمرت الاتجاهات قبل عام 1974) في عام 1995 (http: //www.hubbertpeak. com / hubbert / natgeog.htm)، لكن مع ذلك فإنه في أواخر السبعينات وأوائل الثمانينات كان قد انخفض استهلاك النفط العالمي فعلياً بسبب التحول إلى السيارات الموفرة للطاقة والتحول إلى الكهرباء والغاز الطبيعي للتدفئة، ثم انتعش إلى مستوى نمو أقل في منتصف الثمانينات، ومن ثم فإنه لم يبلغ إنتاج النفط ذروته في عام 1995، بل ارتفع إلى أكثر من ضعف المعدل المتوقع في البداية. إن هذا الأمر يؤكد حقيقة أن الطريقة الوحيدة الموثوقة لتحديد توقيت ذروة النفط قد تكون بأثر رجعي، لكن مع ذلك فقد تم تحسين التنبؤات على مر السنين، إذ أصبحت المعلومات المحدثة متاحة بسهولة أكبر من مثل بيانات نمو الاحتياطي الجديدة، وأن تنبؤات توقيت ذروة النفط تتضمن الاحتمالات التي حدثت مؤخراً، أو أنها ستحدث قريباً، أو أن هضبة إنتاج النفط ستستمر في الإمداد لعقود عدة، ولا تتعارض أي من هذه التوقعات مع بلوغ ذروة إنتاج النفط، ولكنها تختلف فحسب حول موعد حدوث ذلك.

ومع ذلك فإنه لا يتم تقديم حجة ذروة النفط في سياق التقييم المنهجي للبيانات المتاحة، ولقد كان مفهوم الجرس المشتق من هوبرت بداية من حيث الفحص الضروري لمورد محدود، وقد تم قبوله كحقيقة من قبل الكثيرين الذين فشلوا في إدراك إمكانية وجود منحنى جرس منحرف من خلال إمكانات التقدم التكنولوجي والتأثير من النفط الثقيل وبيتومين رمال القار، ولقد تم تطوير المفهوم الأصلي في منتصف إلى أواخر الخمسينات. وفي الواقع فإنه يتم

دحض افتراضات منحنى ما بعد الذروة من انخفاض انتاجية المكمن من خلال ملاحظة أن هندسة ملامح إنتاج حقول النفط النموذجية غالباً ما تكون غير متماثلة بشكل واضح، وهي لا تظهر عموماً انخفاضاً حاداً في الإنتاج بعد ذروة ظاهرة.

وفي الواقع فإن نظرية ذروة النفط لأنه تم تناولها على أنها قضية عاطفية فإنها تسبب ارتباكاً يؤدي إلى أفعال غير مناسبة تصرف الانتباه عن القضايا الحقيقية، ويعد النفط أمراً بالغ الأهمية بالنسبة للاقتصاد العالمي، ويجب أن لا تحل الاضطرابات العاطفية محل التحليل الدقيق حول التحديات الحقيقية للغاية من خلال توفير الوقود السائل لتلبية احتياجات الاقتصادات النامية، لكن مع ذلك فإنه سيبدأ التراجع العالمي بحلول عام 2020 أو بعد ذلك، ويفترض أن الاستثمار الكبير في بدائل الطاقة سيحدث قبل حدوث أزمة، دون الحاجة إلى تغييرات كبيرة في نمط حياة البلدان التي تستهلك كميات كبيرة من النفط (Jackson, 2006).

من الناحية التاريخية فإنه هذه هي المرة الخامسة التي يقال فيها أن النفط ينفد من العالم، وفي كل مرة (سواء أكان نقص البنزين في نهاية الحرب العالمية الأولى أم نقص البنزين في السبعينات) تمكنت التكنولوجيا من تعويض انخفاض النفط المتاح، وفي الواقع فإن هناك ما يكفي من النفط الخام المتبقي في الأرض الذي سيصبح متاحاً مع استكشاف المزيد من التطورات التكنولوجية.

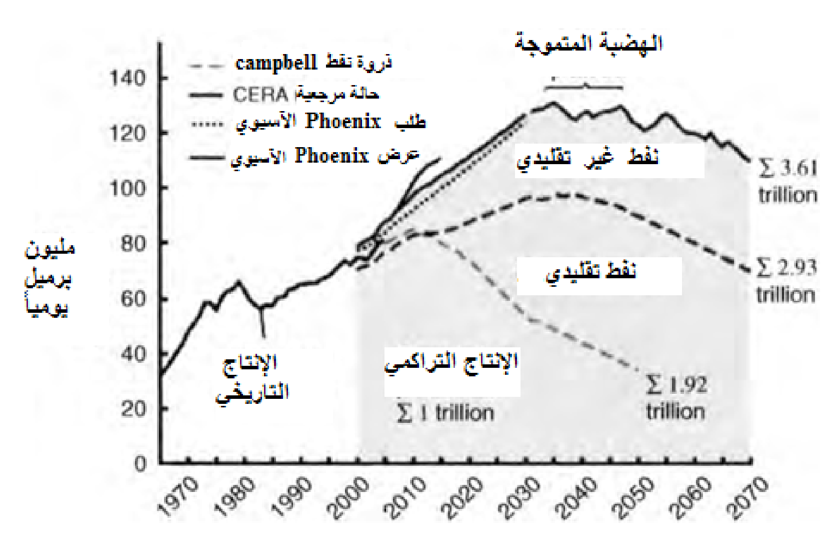
تشمل احتياطيات النفط الخام التقليدية جميع النفط الخام الممكن إنتاجه تقنياً من المكامن من خلال حفرة البئر، وذلك باستخدام الطرائق الأولية والثانوية والمحسنة والمعززة أو الثالثية، ولا يشمل ذلك الوقود السائل المُنتج من رمال القار والفحم والسجيل النفطي وعملية تحويل الغاز إلى سائل (الفصل 9) (Speight, 2008). تصنف احتياطيات النفط (الفصل 2) على أنها مثبتة proven ومحتملة probable وممكنةpossible ، وأن الاحتياطيات المثبتة بعامة تهدف إلى التأكد من90% أو 95% على الأقل من احتواء الكمية المحددة،

أما الاحتياطيات المحتملة فإن لها احتمالية مقصودة تبلغ 50% ، وللاحتياطيات الممكنـــة احتمالية مقصودة تبلغ 5% أو 10%. إن التكنولوجيا الحالية قادرة على اســـتخراج نحو 40% من النفط من معظم الآبـــار، وأنه من المحتمل أن تجعل التكنولوجيا المستقبلية مزيداً من الاستخراج ممكناً.

إن قاعـــدة الموارد العالمية للنفوط التقليدية وغـــير التقليدية بما في ذلك الإنتاج التاريخي البالـــغ 1.08 تريليون برميل والموارد التي لم يتم إنتاجها بعد هي بحدود 4.82 تريليون برميل، وأنها من المرجح أن تنمو (Jackson, 2006)- إن الكلمة المنطوقة هي مرجحة - ولكنهـــا تخضع لـ التقدم التكنولوجي الذي يجعل النفط المتبقي غـــير المتوافر متاحاً، ومن المحتمـــل أن يكون له فرصة مميزة في أن يصبح حقيقياً، ولا يشـــمل هذا النفط ما يسمى بالنفط الذي لم يتم اكتشافه بعد (الفصل 9).

ومـــع ذلك فـــإن هناك عـــدد من التســـاؤلات حول صحـــة تقديرات الاحتياطيـــات التي قدمتها البلدان المنتجة للنفـــط (أوبك) (Campbell and Laherrère, 1998; Cohen, 2007)، وقد يكون الكثير مما يسمى بالاحتياطيات هو أمر مبالغ فيه، وأن هـــذه الاحتياطيات هي في الواقع موارد لم يتم تحديدها ولا يمكن الوصول إليها، لذا فهي غير متاحة للإنتاج.

ومع ذلك فإنه يُعتقد أن إنتاج النفط الخام العالمي سيتبع هضبة متموجة لعقد واحد أو أكثر قبل أن ينخفض ببطء وســـيكون منحدر الانخفاض أكثر تدريجياً وأقل انحداراً من مثل المعدل السريع لزيادة اكتشافات النفط (الشكل 8–1) (Jackson, 2006; Cohen, 2007)، ومن المتوقع أن ترتفع أســـعار النفط لدعـــم هضبة الإنتاج الحالية لمدة عقدين آخرين، ولكن بعد ذلك وفي الوقت الذي ستنضب فيه حقول النفط العالمية بشـــدة (Campbell 2004a, 2004b, 2005)، فإنه من الصعب التنبؤ بالأحداث الفعلية.



الشكل 8-1: رسم توضيحي للهضبة المتموجة (منحنى الجرس المنحرف) لإنتاج النفط

• **Source:** Cambridge Energy Research Associates

فضلاً عن ذلك فإن نمط الإنتاج هذا (لتنبؤ هوبرت الأصلي) لا يشمل تأثير حقل النفط الثقيل وبيتومين رمال القار (الفصلين 2 و 5) في توافر النفط عن طريق تحويل الأخير إلى النفط الخام الاصطناعي. بالإضافة إلى ذلك فإنه ستكون هناك حاجة أيضاً إلى تقنيات لإنتاج السوائل المتعلقة بالغاز (المكثفات وسوائل الغاز الطبيعي)، وتحويل الغاز إلى سوائل (GTL) ، والفحم إلى سوائل (CTL) (الفصل 9) وستكون هناك حاجة أيضاً لسد الفجوة المحتملة في إمدادات الوقود السائل.

باختصار وقبل أن يستمر الذعر من نفاد النفط في العالم، فإنه يجب استكشاف جميع الخيارات على أساس منطقي ومنهجي.

من ناحية أخرى فإنه لا ينبغي أن ينتقص الاعتقاد الراسخ في موارد النفط غير المكتشفة (الفصل 9) من استنفاد احتياطيات النفط المعروفة، وأن أهمية موارد رمال القار في كندا والموارد المماثلة لحزام القار أورينوكو Orinoco وموارد السجيل النفطي oil shale (الفصل 9) توافر مخزوناً عالمياً الذي عند تطويره سيسمح للقدرة الإنتاجية للوقود القائم على الهيدروكربون بالاستمرار في التوسع والاستمرار في المستقبل المنظور.

تعمل التنبؤات المتشائمة بشأن إنتاج النفط في المستقبل على فرضية أن الذروة قد حدثت بالفعل، أو أنها ســتحدث قريباً، وتختلف التوقعات اختلافاً كبيراً حول ماهية هذه الآثار السلبية بالضبط.

يتعلق جانب الطلب في ذروة النفط بالاســتهلاك بمرور الزمن ونمو هذا الطلب، وعلى ســبيل المثال فقد نما الطلب العالمي على النفط الخام بنسبة 2% تقريباً ســنوياً من عام 1994 ومن المتوقع أن يزيد بنســبة تزيد عن 30% عن المستويات الحالية بحلول عام 2030 (أي 118 مليون برميل يومياً من 86 مليون برميل)، ويرجع ذلك في جزء كبير منه إلى الزيادات في الطلب من قطاع النقل (EIA, 2007).

لا يتم احتساب النفط الخام الثقيل والمصادر غير التقليدية للوقود السائل (من مثل رمال القار والسجيل النفطي) كجزء من احتياطيات النفط، لكن مع ذلك فإنه يمكن لشركات النفط حجزها كاحتياطيات مؤكدة بعد فتح منجم لرمال القار، ومن ثم استخلاص البيتومين أو فتح منشأة حرارية لاستخلاص البيتومين المعــدل. إن هذه المصادر غير التقليدية ليســت فعالة في الإنتاج، لكنها مع ذلــك تتطلب طاقة إضافية للتكرير، مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الإنتـــاج، وزيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحـــراري لكل برميل مكافئ. في حين أن الطاقة المســتخدمة والموارد اللازمة والتأثيرات البيئية لاســتخراج المصادر غير التقليدية كانت تقليدياً مرتفعة بشــكل مانع، فإن مصادر النفط غير التقليدية الثلاثة الرئيســة التي يتم النظر فيها للإنتاج على نطاق واســع هي النفط الثقيل والقار في حزام أورينوكو بفنزويلا، ورمال القار في أثاباســكا في ألبرتا، السجيل النفطي لتكوين النهر الأخضر في كولورادو ويوتا ووايومنغ في الولايات المتحدة، فإذا أخذناها معاً فإن حدوث هذه الموارد يســاوي تقريباً الاحتياطيات المحددة من النفط الخام التقليدي المعتمد في الشرق الأوســط (Speight, 2008).

ومع ذلك فإنــه على الرغم من الكميات الكبيرة مــن النفط المتوافرة في المصادر غير التقليدية، فإن القيود المفروضة على الإنتاج تمنعها من أن تصبح

بديلاً فورياً للنفط الخام التقليدي وستظل ذروة النفط هي حقيقة واقعة. حتى في ظل الافتراضـــات المتفائلة للغاية فإنه بالإمكان أن يصل إنتاج النفط الخام الاصطناعي مـــن رمال قار ألبرتا إلى 5 مليون برميـــل يومياً بحلول عام 2030 بـــشرط وجود برنامج فوري للتنميـــة (Söderbergh et al,2007)، مما يجعل من الممكن في المستقبل المنظور أنه من المحتمل أن تأتي إمدادات النفط الإضافية في العالم من مصادر غير تقليدية.

8-5-2: تأثيرات ذروة النفط ونتائجها

كان الاســـتخدام الواســـع النطاق للوقود الأحفوري هو أحد أهم محفزات النمو الاقتصادي الذي سمح باســـتهلاك الطاقة بمعدل أكبر مما يتم استبداله (Yergin,1993)، ومن ثم فإن تأثير ذروة النفط سيعتمد بشكل كبير على معدل التراجـــع والتطوير في الوقت المناســـب واعتماد مصادر بديلـــة فعالة للطاقة (الفصل 9)، فإذا لـــم يتم تقديم البدائل في الوقت المناســـب فإن العديد من المنتجات من النفط الخام ستصبح نادرة ومكلفة، مما قد يؤدي وعلى أقل تقدير إلى خفض مســـتويات المعيشة في البلدان المتقدمة والنامية على حد سواء، وفي أسوأ الحالات يؤدي إلى انهيار الاقتصاد العالمي، ومع تزايد التوتر بين البلدان بسبب تضاؤل إمدادات النفط فقد تتغير الأوضاع السياسية بشكل كبير وقد تتفاقم التفاوتات بين البلدان والمناطق.

إن ذروة إنتاج النفط العالمي للولايات المتحدة الأمريكية والعالم تُمثل مشـــكلة إدارة مخاطر غير مســـبوقة (Hirsch et al,2005)، ومع اقتراب بلوغ الذروة ستزداد أسعار الوقود السائل وسيزداد تقلب الأسعار بشكل كبير، وبدون التخفيف في الوقت المناســـب ســـتكون التكاليف الاقتصادية والاجتماعية والسياســـية غير مســـبوقة. توجد خيارات تخفيف قابلة للتطبيق على جانبي العرض والطلب، ولكن لكي يكون لهـــا تأثير كبير فإنه يجب البدء بها قبل أكثر من عقد من بلوغ الذروة.

ستحدث ذروة النفط العالمية ولكن ليس من المؤكد ما إذا كانت ستحدث ببطء أو بشـــكل مفاجئ، وسيكون هناك تأثير سلبي في الاقتصادات العالمية، ولا

ســيما في تلك البلدان التي تعتمد على النفط بشــكل كبير، لكن مع ذلك فإن اعتماد تقنيات بديلة لتحل محل العجز في إنتاج النفط سوف يتطلب فترة زمنية كبيرة في حدود عشر إلى عشرين سنة، فإذا ما تم اتخاذ الإجراءات قبل بداية ذروة النفط فإن الاضطرابات الاقتصادية ليست حتمية، وأنه يمكن حل المشكلات باستخدام التقنيات الحالية ولكن التدخل الحكومي هو ضروري.

يمكن التغلب على مشكلة ذروة النفط من خلال العوامل الآتية:

1 - التأخير حتى بلوغ إنتاج النفط ذروته قبل اتخاذ إجراءات برنامج تعطل - وهذا من شــأنه أن يترك العالم في حالة عجز كبير في الوقود السائل لأكثر من عقدين.

2 - الــشروع في برنامج عاجل لتطوير مصادر الوقود البديلة قبل 10 ســنوات من بلوغ النفط ذروته في العالم - وهذا من شــأنه أن يترك نقصاً في الوقود السائل لعدة سنوات (ربما عقداً) بعد ذروة النفط.

3 - بــدء برنامج عاجل لتطوير مصادر الوقــود البديلة قبل 20 عاماً من ذروة النفط - وهذا من شأنه أن يوافر إمكانية لتجنب النقص العالمي في الوقود السائل لفترة التنبؤ.

ســيؤدي تطوير من مثل هذه البرامج إلى تقليل استهلاك مصادر البترول التقليدية، بالإضافة إلى التأثير في توقيت ذروة النفط وشكل منحنى هوبرت.

8-6: تأثير النفط الثقيل وبيتومين رمال القار

إن رمال القار تسمى رمل النفط oil sand في كندا وهي عبارة عن رواسب من الرمل تحتوي على البيتومين شــديد اللزوجــة بحيث لا تتدفق ولا تتحرك في الرواسب ما لم يتم تســخينها (الفصل 2)، وكما هو موصوف في مكان آخر (الفصل 1) فإن تعريف بيتومين رمال القار يُشتق من تعريف رمال القار الذي حددته حكومة الولايات المتحدة (FE-76-4):

> [رمــال القــار]... هي أنواع الصخــور العديدة الــتي تحتوي على هيدروكربون شــديد اللزوجــة لا يمكن اســتخراجه في حالته

> الطبيعيـــة عن طريق طرائق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاستخلاص المعززة المســـتخدمة حالياً، وتُعرف الصخور الحاملة للهيدروكربون بشكل مختلف بزيت القار والصخور المشبعة والرمال الزيتية والإسفلت الصخري.

من خلال الاســـتدلال فإن النفط الثقيل يُعد مورداً يمكن استخلاصه في حالته الطبيعية عن طريـــق طرائق إنتاج آبار النفط التقليدية، بما في ذلك تقنيات الاســـتعادة المحسنة المســـتخدمة حالياً، وبموجب هذا التعريف فإنه يتم تغطية نفـــط كولد ليك Cold Lake بالتحفـــيز البخاري الدوري (إحدى الطرائق المذكورة في ســـجل الكونجرس الأمريكي التي لن يتم تصنيفها على أنهـــا بيتومين رمال القار، بل أنها نفط ثقيـــل. في حين أن معظم النفط الخام التقليدي يتدفق بشـــكل طبيعي أو يتم ضخه بشكل صناعي فإن بيتومين رمال القار يجب استخلاصه عن طريق التعدين أو استخلاصه في الموقع قبل تحويله إلى نفط خام مطور يمكن اســـتخدامه من قبل المصافي لإنتاج البنزين ووقود الديـــزل، وتحتوي ألبرتا - كنـــدا على 85% على الأقل مـــن احتياطيات الرمال النفطية المثبتة عالمياً، وفي الولايات المتحدة توجد رواسب رمال القار في ألاباما وألاسكا وكاليفورنيا وتكساس ويوتا.

إن النفـــوط الثقيلة هي نفوط لزجة كثيفـــة تتطلب عموماً تقنيات إنتاج متقدمة من مثل الاســـتخلاص المعزز للنفـــط والمعالجة الكبيرة لتحويلها إلى منتجات بتروليـــة، وتختلف النفوط الثقيلة في لزوجتها وخصائصها الفيزيائية الأخرى، ولكن تقنيات الاســـتخلاص المتقدمة من مثل الاستخلاص المعزز للنفط هي مطلوبة لكلا النوعين من النفط.

يمكن العثور على النفط الثقيل في ألاســـكا وكاليفورنيـــا ووايومنغ وهو موجود في بلدان أخرى إلى جانب الولايات المتحدة وفنزويلا من مثل الإنتاج مـــن الرمال النفطية، لكن مـــع ذلك فإن إنتاج النفـــط الثقيل في الولايات المتحدة يمثل تحديات بيئية في اســـتهلاكها لمصادر الطاقة الأخرى، مما يسهم في زيـــادة غازات الاحتباس الحراري، واحتمال حدوث تلوث المياه الجوفية من عمليات الحقن اللازمة لتخفيف النفط بدرجة كافية بحيث يتدفق النفط عبر

الأنابيب. من المتوقع أن تمثل رمال القار والنفط الثقيل الكندي، ورمال القار والنفط الثقيل الفنزويلي ما لا يقل عن 3 تريليون برميل من موارد النفط الخام الأعلى تكلفـــة، وفي الواقع فإن احتياطيات النفط الثقيل المعروفة في فنزويلا تمثـــل ما يقرب من 90% من احتياطيات النفط الثقيل المؤكدة في العالم، ومن المتوقع أن يســـتمر إنتاج فنزويلا من النفط الثقيـــل الذي يقترب من مليون برميل يومياً بهذا المعدل حتى عام 2040.

ساهم الإنتاج العالمي من بيتومين رمال القار إلى حد كبير من ألبرتا بنحو 1.6 مليون برميل من النفط يومياً، ومن المتوقع أن يرتفع الإنتاج على مدى 10 إلى 12 عاماً قادمة إلى 3.5 مليون برميل يومياً بحلول عام 2030، وســيبدأ المزيد من المصافي الاستثمارية في المعالجة وستعتمد على Synbit و Dilbit في جزء كبير من إمدادها (Pavone, 2009)، ومع ذلك فإن إنتاج الوقود السائل من رواسب القار يمثل تحديات بيئية كبيرة. تســتخدم عملية الإنتاج كميات كبيرة من الغاز الطبيعي الذي يولد غازات الاحتباس الحراري عند الاحتراق، وبالإضافة إلى ذلــك فإن إنتاج البيتومين والوقود الاصطناعي على نطاق واســع من رمال القـــار يتطلب كميات كبيرة من المياه، وعادة مـــا ينتج عنه كميات كبيرة من مياه الصرف الملوثة، التي تغير المشـــهد الطبيعي، وقد تؤدي هذه التحديات في النهاية إلى الحد من الإنتاج من هذا المورد حتى لو أدت أسعار النفط المرتفعة المستمرة إلى جعل الإنتاج مربحاً.

ومع ذلك فإن التوقعات تتعلق بإضافة سعة كبيرة لرمال القار التي تتضمن إضافـــات كبيرة إلى الســـعة من كل من التعدين الســـطحي والإنتاج في الموقع باســـتخدام البخار المحقون (Pavone, 2009)، ومن بين الطرائق البديلة فإنه مـــن المتوقع أن ينمو الإنتاج في الموقع بوتيرة أسرع بكثير من طرائق التعدين التقليديـــة، وبالإضافة إلى ذلك فإن شركة North West Upgrading ســـتقوم بتثبيت أداة ترقية في مقاطعة Sturgeon في كندا قادرة على ترقية 77000 برميل يومياً من البيتومين. ستســـتخدم أداة الترقية أجهزة تغويز فحم الكوك المتأخر (Lurgi) ووحدة تكسير بالهيدروجين تستخدم تقنية LC-Fining Lummus

(Chevron)، ولقــد تم النظر في تطويرات تجاريـــة للنفط الثقيل (أو ما زالت جارية) في إيران (حقول ســوروش - نوروز) وســلطنة عمان (حقل مخيزنة) وكذلك البرازيل (Marlim Sul and Jubarte) واســتحوذت شركة أوكسيدنتال بتروليوم Occidental Petroleum على حصة مقدارها 15% من مشروع جوسلين التابــع لشركة توتال مقابل 500 مليون دولار لتحــل محل الشريك في ملكية إينربلس ريسورسِس Enerplus Resources.

فيما يتعلق بالبلدان المنتجة للنفط، فإن استقرار الوضع السياسي في كندا هو أمر تُحسد عليه، إذ أنه ليس من المستغرب أن يشهد إنتاج الرمال النفطية الكندية اســتثمارات متكررة ولقد نما من كميات متواضعة نســبياً في عام 1967 (Suncor ، المعروفة سابقاً باسم Great Canadian Oil Sands - 49,000 برميل يومياً من القار)، ولقد بلــغ في عام 1978 (Syncrude -50,000 برميل يوميــاً من القار) إلى أحجام تزيد عن مليون برميــل يومياً (TD Securities, 2007;Speight, 2007).

نتيجة لذلك فإن رمال القار في أثاباســكا تســاهم مســاهمة كبيرة في إجمالي إنتــاج كندا من النفط الذي تجاوز 3 مليون برميل يومياً (BP, 2008)، وسيستمر إنتاج النفط الرملي في الزيادة ويعوض عن الانخفاض في إنتاج النفط الخام التقليدي، ليصبح في النهاية المصدر الأول للنفط في كندا - ومن المتوقع أن يُشــكل نحو ثلثي إنتاج النفط الكندي خلال العقد القادم (http: //www. mining-technology. com / projects / athabascasands /). وفي وقت كتابة هــذا التقرير فإن المعلومات التي تم الحصول عليها من مصادر الأدبيات التي تصف تطوير الرمال النفطية تشــير إلى أن إنتاج النفط الخام الاصطناعي من رواســب الرمال النفطية الكندية كان قد بلغ 1.250.000 برميل يومياً، لكن مع ذلك فإن نــوع احتياطيات رمال القار الموجــودة في أي موقع معين يحدد طريقة الاستخراج التي يجب استخدامها (على سبيل المثال ، انظر في Gingras and Rokosh, 2004، Speight, 200)، مما يؤدي إلى اختلافات في تكلفة إنتاج البيتومين.

عندما تكون رواسب رمال القار قريبة نسبياً من السطح فإنه بالإمكان استخدام التعدين المفتوح المقترن بعملية استخراج الماء الساخن لاستخلاص البيتومين، وتتطلب الرواسب العميقة طرائق في الموقع من مثل الحقن بالبخار من خلال الآبار الرأسية أو الأفقية، ويؤدي ذلك إلى فصل البيتومين عن الرمال في مكمنه الأرضي قبل ضخ السائل إلى السطح للتجميع والمعالجة الإضافية.

سيساعد إنتاج النفط الخام الاصطناعي من رمال القار الكندية في تعويض الانخفاض العام في أمريكا الشمالية في إنتاج الخام الخفيف التقليدي ويساعد في تلبية الطلب المتزايد المتوقـــع على المنتجات البترولية المكررة. لقد تحولت مصافي التكرير في الولايات المتحدة بالفعل إلى تشـــغيل النفط الخام الكندي الثقيل بالإضافة إلى مزيج من النفـــط الخام الاصطناعي والبيتومين (synbit) الذي يتنافس مع النفط الخام متوسط الكبريت كمواد أساسية للتكرير.

واجـــه التأثـــير المحتمل للنفط الثقيل والبيتومين انتكاســـة في شـــهر يونيـــو من عام 2007 عندمـــا تخلت شركـــتي ExxonMobil Corporation و ConocoPhillips وهما من أكبر شركات النفط الأمريكية عن اســـتثماراتهما بمليارات الدولارات في النفط الثقيل ومـــوارد البيتومين في حوض أورينوكو في فنزويـــلا (Pirog, 2007). جاء هذا الإجراء عقـــب انهيار المفاوضات بين الـــشركات وحكومة الرئيس الفنزويلي هوغو شـــافيز وشركـــة النفط الوطنية الفنزويلية Petróleos de Venezuela SA (PDV). لكن مع ذلك فقد وافقت أربع شركات نفط دوليـــة أخرى بما في ذلك Total SA من فرنســـا و Statoil من النرويج و BP مـــن بريطانيا العظمى و Chevron من الولايات المتحدة على الاتفاقيـــات التي رفعت حصة PDV في مشـــاريع Orinoco من نحو 40% إلى حصة مسيطرة في نحو 78%.

ومع ذلـــك فإن إنتاج النفط الخام الاصطناعي من رمال القار الكندية هو أكثر تكلفة بكثير من إنتاج النفط الخام التقليدي، وغالباً ما تؤدي شروط الضرائـــب والإتاوة في عدد من الولايات القضائيـــة إلى بيئة اقتصادية لشركة عاملة، إذ تصبح تكلفتها الفعلية أعلى بكثير من تكلفة الإنتاج البسيطة

بسبب هذه الضرائب. نتيجة لذلك فإنه يمكن أن تكون اقتصاديات رمال القار الكندية عند مقارنتها ببيئات الضرائب والإتاوات الأخرى أكثر استحساناً، ولسوء الحظ فإنه عند أقل من سعر رمزي معين للنفط فإن رمال القار الكندية ليست مجدية اقتصادياً حتى لو لم تكن هناك اعتبارات ملكية، وبالنسبة لمنتجي رمال القار الحاليين الذين لديهم أصول مستهلكة تم بناؤها عندما كانت تكلفة البناء أقل بكثير مما هي عليه اليوم فإنه يُعتقد أن نقطة التعادل هذه تبلغ نحو 25 دولار للبرميل، بينما بالنسبة للمشاريع الجديدة قد تكون نقطة التعادل أقرب إلى 100 دولار لكل برميل (Pavon, 2009).

يتم تسعير النفوط الخام الاصطناعية المشتقة من رمال القار والهيدروكربونات الثقيلة الأخرى بخصم كبير مقارنة بالنفوط الخام المعيارية التي تكون أخف وزناً (أقل لزوجة) وأحلى (محتوى أقل من الكبريت)، ومن أجل ترقية النفوط الخام الاصطناعية من رمال القار إلى نفس إنتاج الوقود المكرر النظيف فإنه يلزم إجراء مزيد من المعالجة في المصفاة.

يمكن قياس ما إذا كانت المصفاة مربحة أم لا تقوم بمعالجة النفط الخام المصقول بالقار من الناحية الكمية باستخدام معيار صناعي يسمى انتشار صدع المصفاة refinery crack spread ، وعلى الرغم من أن المنظمات المختلفة تحدد انتشار الصدع بطرائق مماثلة فإننا نقدم هنا انتشار صدع المصفاة على النحو المحدد من قبل بورصة نيويورك التجارية NYMEX وحساب انتشار صدع المصفاة على أنه الفرق بين سعر بيع وحدة من الوقود المكرر مقارنةً بـ سعر شراء كمية النفط الخام الخفيف والحلو (النفط الخام القياسي) المطلوب لإنتاج الوقود المكرر، تفترض بورصة نايمكس في حساباتها أن برميلاً واحداً من النفط الخام ينتج برميلاً واحداً من الوقود المكرر، وعلى الرغم من أن هذا ليس صحيحاً تماماً، إلا أنه يُعد وسيلة سهلة لحساب انتشار صدع المصفاة.

فضلاً عن ذلك فإنه يتم تحويل ما يقرب من 10% من النفط المنتج في جميع أنحاء العالم إلى بتروكيماويات مع استخدام معظم الرصيد المتبقي لوقود النقل، وأن المواد الأولية الأساسية المستخدمة لإنتاج البتروكيماويات من

النفط الخام هي منتجات التكرير الثانوية من مثل غاز البترول المسال والنفتا، وكمية أصغر من ســوائل الغــاز الطبيعي المنتجة الثانويــة (NGLs). تتكون سوائل الغاز الطبيعي بشكل أســاس من الإيثان والبروبان والبيوتان والبنتان والقليل من الهكسان ، ويتم تحويل هذه المواد الأولية البتروكيماوية الأساسية في المقــام الأول إلى الأوليفينات بما في ذلك الإيثيلين والبروبيلين والبوتادين والبيوتيلين والعطريات بما في ذلــك البنزين والتولوين والزيلين، ومن خلال عمليات التكســير البخاري وتحفــيز النفتا لإنتاج مشــتقات بتروكيماوية (المونومرات والبوليمرات).

يوافر القار والنفط الخام الاصطناعي من رمال القار الكندية أيضاً إمكانية المساهمة في عدد من المنتجات الثانوية التي يمكن استخدامها كمواد وسيطة للبتروكيماويات، وأن عمليات ترقية البيتومين، أو التكويك المتأخر والتغويز والتكســير الهيدروجيني والمعالجــة المائية تنتج المواد الأولية نفســها لإنتاج البتروكيماويــات، ويمكن أن ينتــج الغاز الاصطناعي الناتــج عن التغويز أيضاً الهيدروجين والأمونيا والميثانول وكحول أوكســو وسوائل فيشر تروبش Fischer-Tropsch ومشتقاتها.

من حيث التســعير فإنه يتم تسعير بيتومين رمال القار بخصم طفيف على النفــط الخام الكندي الثقيل (خصم أقل من دولار واحد للبرميل)، بينما يتم تســعير النفط الخام الكندي الثقيل في المتوســط بخصم 10 دولارات للبرميل على مزيج من الخام الكندي التقليدي الخفيف ونفوط خام متوســطة، لكن مــع ذلك فإن الطبيعة الهشــة لربحية رمال القار كانــت واضحة خلال فترة الانخفاض السريع في أســعار النفط الخام (Pavone, 2009). يتطلب مشروع توتال Total للرمال النفطية المســمى جوسلين Joslyn سعراً للنفط يقل قليلاً عن 90 دولار للبرميل لتحقيق معدل عائد داخلي بنســبة 12.5%، بينما تحتاج مشاريع توتال في المياه العميقة قبالة أنغولا إلى نحو 70 دولار للبرميل، وبالمثل فإن إنتاج بيتومين رمال القار بالطرائق الموضعية (تصريف الجاذبية بمساعدة البخــار - SAGD - وتحفيز البخار الدوري - CSS) قد يواجه قيوداً اقتصادية،

لكن مع ذلك فإن هذا الإنتاج يعتمد على السـعر الذي يرغب المستهلك في دفعه مقابل اسـتقرار العرض لتعويض البنية التحتية الهشة للإمدادات التي غالباً ما تخضع للقيود السياسية والتلاعب بها.

8-7: References

- Alhajji, A.F., and Williams, J.L. 2003. Measures of Petroleum Dependence and Vulnerability in OECD Countries. Middle East Economic Survey.46:16. April 21.

- Annual Energy Outlook. 2008. Annual Energy Outlook 2008 with Projections to 2030. Report No. DOE/ELA-0383(2008). Energy InformationAdministration, Department of Energy, Washington, DC. June.

- BP. 2008. BP Statistical Review of World Energy, **www.bp.com/**statisticalreview.

- Brandt, A. R. 2007. Testing Hubbert. Energy Policy, 35(5): 3074-3088.

- Campbell Colin J (2004a). *The Essence of Oil & Gas Depletion*. Multi-Science Publishing, Brentwood, Essex, England.

- Campbell Colin J (2004b). *The Coming Oil Crisis*. Multi-Science Publishing, Brentwood, Essex, England.

- Campbell Colin J (2005). *Oil Crisis*. Multi-Science Publishing, Brentwood, Essex, England.

- Campbell, C.J. and Laherrère, J.H. 1998. The End of Cheap Oil. Scientific American. 278: 78-83.

- Cohen, D. 2007. The Perfect Storm. ASPO-USA/ Energy Bulletin. October 31.**http://www.energybulletin.net/node/36510**

- Deffeyes, K.S. 2002. Hubbert’s Peak: The Impending World Oil Shortage. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

- Deffeyes, K.S. 2005. Beyond Oil: The View from Hubbert’s Peak. Hill and Wang, New York.

- Doukas, H., Ramos, A., and Psarras, J. 2008. Risks on Security of Oil &Gas Supply. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy.In press.

- Eagles, L. 2006. Medium Term Oil Market Report. OECD/International Transport Forum Roundtable. International Energy Agency, Paris, France.

- EIA. 2007. International Energy Outlook: Petroleum and Other Liquid Fuels. Energy Information Administration, Washington, DC.

- El-Genk, M.S. 2008. On the introduction of nuclear power in Middle East

countries: Promise, strategies, vision and challenges. Energy Conversion and Management 49: 2618-2628.

- Fisher W.H., and Kist O.F. 2001. Catastrophe Exposures and Insurance Industry Catastrophe Management Practices. American Academy of Actuaries Catastrophe Management Work Group.

- Fleming, D. 2000. After Oil. Prospect Magazine, November. Issue No. 57:pp 12-13. **http://www.prospect-magazine.co.uk.**

- Gerdes, J. 2007. Modest Non-OPEC Supply Growth Underpins $60+ Oil Price. SunTrust Robinson Humphrey, Atlanta, Georgia.

- Gordon, 2007. Crude Oil: Uncertainty about Future Oil Supply Makes It Important to Develop a Strategy for Addressing a Peak and Decline in Oil Production. Report No. GAO-07-283. Report to Congressional Requesters. General Accountability Office, Washington, DC. February.

- Jackson, P.M. 2007. Finding the Critical Numbers: What Are the Real Decline Rates for Global Oil Production? Cambridge Energy Research Associates, Cambridge, Massachusetts.

- Jackson, P.M. 2006. Why the Peak Oil Theory Falls Down: Myths, Legends, and the Future of Oil Resources. Cambridge Energy Research Associates, Cambridge, Massachusetts. November 14.

- Hirsch, R.L., Bezdek, R., and Wendling, R. 23005. Peaking Of World Oil Production: Impacts, Mitigation, and Risk Management. February.

http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf.

- Hubbert, M.K. 1956. Nuclear Energy and the Fossil Fuels - Drilling and Production Practice. Institute, Washington, DC.

- Laherrère, J.H. 2001. Paper presented at the EMF/IEA/IEW Meeting IIASA, Laxenburg, Austria. Plenary Session I: Resources, June 19.

- NPC. 2007. Facing the Hard Truths about Energy - A Comprehensive View to 2030 of Global Oil and Natural Gas. National Petroleum Council,Washington, DC.

- Pavone, T. 2009. Oil Sands Industry Status. Petroleum Technology Quarterly, Ql: 65-76.

- Simmons M.R. 2000 Fighting Rising Demand and Rising Decline Curves: Can the challenge be met? SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference,Yokohama, April 25. **http://www.simmonscointl.com/web/down**loads/spe.pdf

- Söderbergh, B.; Robelius, F.; Aleklett, K. 2007. A Crash Program Scenariofor The Canadian Oil Sands Industry. Energy Policy. 35(3): 1931-1947.

- Williams, J.L., and Alhajji, A.F. 2003. The Coming Energy Crisis? Oil & Gas Journal. 101(5). February 3.

- Yergin, Y 1993. The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power. Free Press, New York.

الفصل التاسع

المستقبل

تشـمل موارد النفط الخام التقليدية جميع النفط الخـام المُنتَج تقنياً من المكامن النفطية عبر حفرة بئر باستخدام أي طريقة استخلاص أولية primary وثانوية secondary ومحسـنة أو معززة enhanced (الفصل 1)، ويسـتثني هذا التعريف السوائل المُنتَجة من الرواسـب التي تم الحصول عليها من المناجم أو السوائل المُنشأة من مثل السـوائل من الغاز الطبيعي. فضلاً عن ذلك فإن النفط الخام التقليدي يُعد حجماً كبيراً ولكنه محدود بقدر ما يتم تحديد جميع الأحواض الرئيسـة الحاملة للنفط أو جميعها تقريباً، ومن الواضح أن الإنتاج كان قد تجاوز ذروته في عدد من الأحواض (Campbell and Laherrère, 1998).

أثر النفط الخام في تغييرات كبيرة في التجارة والوضع الاقتصادي للولايات المتحدة على مدى العقود السـتة الماضية (الجدول 9-1) ، وما إذا كان يمكن تجديد شـباب الوضع الذي كان موجوداً في الخمسينيات من القرن الماضي هو أمر غير مرجـح، ولم تعد الولايات المتحدة متعـودة على الاعتماد على النفط الخام فحسـب بل أصبحت أيضاً مدمنة عليه، وأن العلاجات لهذه الإضافة ممكنة من مثل تقليل كمية النفط المطلوبة للحياة اليومية، ولكنها ستستغرق وقتاً ومن غير المرجح أن تنجـح على المدى القريب، وتكمن جذور مصائب الولايات المتحدة في استنفاد احتياطيات النفط المحلية - المورد الذي جعل من الولايات المتحدة أقوى دولة في التاريخ.

الجدول(9-1) تغير الحالة الاقتصادية في الولايات المتحدة على مدى 6 عُقود

الولايات المتحدة في عام 2008	الولايات المتحدة في عام 1950
تفتقر إلى الاكتفاء الذاتي من النفط -أكبر مستورد للنفط في العالم	الاكتفاء الذاتي في النفط: -أكبر منتج للنفط في العالم -أكبر مصدر للنفط في العالم
المستورد الأول في العالم للموارد غير البترولية	الاكتفاء الذاتي في جميع الموارد تقريباً
-أكبر مستورد في العالم للسلع المصنعة ووظائف التصنيع يتم إسنادها إلى بلدان أخرى. -صناعة السيارات تعاني من مشكلة مالية.	-البلد المُصدر الرئيس للسلع المصنعة في العالم. -البلد المُنتج الرئيس للسيارات الفاخرة.
-الدولة المدينة الأولى في العالم.	-الدولة الدائنة الأولى في العالم.

كما أن سوء الإدارة من قبل الحكومة والقطاع الخاص للموارد على مدى العقود الستة الماضية يضيف إلى المعادلة ويسهم في الوضع الحالي، ونتيجة لذلك فإن نضوب النفط حقيقي ليس في الولايات المتحدة فحسب، ولكن أيضاً على نطاق عالمي وتقدر معظم الدراسات أن إنتاج النفط سيبلغ ذروته في وقت ما بين الآن وعام 2040. إن هذا النطاق من التقديرات واسع لأن توقيت الذروة يعتمد على عوامل عدة غير مؤكدة من شأنها أن تساعد في تحديد مدى سرعة استخدام النفط المتبقي في الأرض، بما في ذلك كمية النفط التي لا تزال في الأرض، والكمية التي يمكن إنتاجها من هذا النفط في نهاية المطاف وذلك نظراً للتحديات التكنولوجية والتكلفة والبيئية، وكذلك الظروف السياسية والاستثمارية غير المواتية المحتملة في البعض من البلدان التي يوجد فيها النفط، والطلب العالمي المستقبلي على النفط (Gordon, 2007).

قد لا ينفد النفط الخام في العالم أبداً وذلك لأن النفط سيصبح في النهاية أقل تكلفة فحسب من مصادر الوقود البديلة منخفضة التكلفة (Speight, 2008, 2009, 2011)، وأن الإطار الزمني لمن مثل هذا التطور يعتمد على إدراك أن الوقود البديل سيصبح أسلوب حياة، ولكن مع ذلك تواجه أنواع الوقود

البديلـــة وتقنيات النقل تحديات قد تعيـــق قدرتها على التخفيف من عواقب ذروة النفط وتراجع إنتاجه ما لم يتم بذل الوقت والجهد الكافيين، وعلى ســـبيل المثال فإنه على الرغم من أن إنتاج إيثانول الذرة مجدي تقنياً، إلا أن إنتاجه أكثر تكلفة من إنتاج البنزين وسيتطلب استثمارات مكلفة في البنية التحتية من مثل خطوط الأنابيب وخزانات التخزين قبل أن يصبح متاحاً على نطاق واسع كوقود أولي. تقدم التقنيات البديلة الرئيســـة حالياً ما يعادل 1% فحسب من اســـتهلاك الولايات المتحدة للمنتجات البترولية، وتتوقع وزارة الطاقة DOE أنه حتى بحلول عام 2015 فإنه يمكن أن تحل محل ما يعادل 4% فحســـب من الاستهلاك الســـنوي المتوقع للولايات المتحدة، وفي من مثل هذه الظروف فإن ذروة وشيكة وانخفاض حاد في إنتاج النفط يمكن أن يؤديان إلى ركود عالمي.

ومع ذلـــك إذا تأخرت الذروة فإن هـــذه التقنيات لديهـــا إمكانات أكبر للتخفيف من العواقب، إذ تتوقـــع وزارة الطاقة أن هذه التقنيات يمكن أن تحل محل ما يصل إلى 34% من استهلاك الولايات المتحدة في الإطار الزمني من 2025 إلى 2030 إذا ما تمت مواجهة التحديات، وأن مســـتوى الجهود المكرسة للتغلب على التحديات ســـيعتمد جزئياً على اســـتمرار ارتفاع أســـعار النفط لتشجيع الاستثمار الكافي والطلب على البدائل.

اعتماداً على افتراضات الأسعار فإنه من المتوقع أن يكون الإنتاج العالمي مـــن النفط غير التقليدي مـــن 5.4 إلى 18.9 مليون برميل يومياً في عام 2030 أي أنـــه أعلى مما كان عليه في عام 2006، وهو مـــا يمثل ما بين 6% و 22% من إجمالي الإنتاج العالمي للسوائل (Annual Energy Outlook, 2008) وقد يلعب دور العرض المحوري الرئيس (Steinhubl et al, 2009). يعتمد إنتاج السوائل غير التقليدية بشـــكل كبير على الأسعار إذ تكون أكثر قدرة على المنافسة مع المصادر التقليدية عندما تكون أســـعار السوق مرتفعة. لكن مع ذلك فإن جميع الســـوائل غير التقليدية لا تستجيب لتغيرات الأسعار بالطريقة نفسها، وذلك لأن مصادر الســـوائل غير التقليدية (الجدول 9-2) تختلف فيما يتعلق بقيود الموارد والدعم السياسي والتقنيات المتاحة والخصائص الأخرى.

الجدول 9-2: مصادر مستقبلية للوقود

نفوط غير تقليدية:
1 - نفط ثقيل للغاية : حزام نفط أورينوكو - فنزويلا. -2 رمال القار : أثاباسكا -كندا (في الموقع ، التعدين). -3 خام صناعي (من القار والغاز والفحم).
غاز غير تقليدي:
1 - ميثان طبقة الفحم (CBM). -2 الغاز الصخري(السجيلي). -3 رمال غاز ضيقة 4 - الغاز في طبقات المياه الجوفية المضغوطة.
الهيدروكربونات التقليدية في المواقع غير التقليدية:
1 -المياه العميقة (أكثر 500 متر أو أقل من1000 متر). -2 القطب الشمالي. 3 - القطب الجنوبي.
الهيدروكربونات التقليدية غير الاقتصادية:
1 - الحقول الجد صغيرة: 1-10 ميجا بايت - (الحكومة تأخذ> حقول كبيرة!)
2 - الاستخلاص المعزز للنفط الخاص (الاستخلاص المعزز للنفط)
3 - HPHT (ضغط مرتفع = 700 بار ، درجة حرارة عالية = 150 درجة مئوية)
بدائل الهيدروكربونات غير التقليدية:
1 - السجيل النفطي (صخور المصدر غير الناضجة = لم يتم بعد HC)
2 - هيدرات الغاز (المحيطات ، صلبة ، غير محصورة ، مشتتة = أسطورة)
3 - غاز من العباءة mantle = تخمين

بدون إمدادات نفط خام وفيرة ومنخفضة السعر فإن هناك أمل ضئيل في إعادة الاقتصاد العالمي إلى نموذج النمو الذي كان مرغوباً قبل الارتفاع في أسعار الطاقة، وفي الولايات المتحدة فإنه كان قد تم بناء اقتصاد عالمي رائد على خلفية إمدادات الطاقة الرخيصة وبخاصة النفط الخام، وأن النفط الخام هو مدخلات المواد الخام للعديد من المنتجات من مثل البنزين ووقود الطائرات والبلاستيك، وستؤدي الندرة وارتفاع الأسعار إلى تحول كامل في نموذج أعمالنا الذي يحركه المستهلك. إن الولايات المتحدة ليست مستعدة تقريباً للتحول الاقتصادي الذي سيأتي قريباً، ولقد أوشك عصر إمدادات النفط الخام الرخيصة التي يسهل الوصول إليها على نهايته، حتى أن السعر المنخفض الحالي بسبب تقليص المديونية في جميع أنحاء العالم هو خبر سيء لصحة الاقتصاد على

المدى الطويل، وسيتم قريباً استخدام نموذج القيادة لمسافات كبيرة من المنازل في الضواحي إلى الأعمال التجارية في المدن مع مراكز التسوق الضخمة بينهما، سيُنظر إليه على أنه أحد أكبر أخطاء التاريخ في التنمية الاقتصادية.

ومع ذلك فإن الطلب على النفط الخام يتأثر إلى حد كبير بالنمو الاقتصادي العالمي وسيتأثر أيضاً بالسياسات الحكومية بشأن البيئة وتغير المناخ وخيارات المســتهلكين بشأن الحفظ، وفي الواقع فإن الوضع الدقيق للنفط الخام كمصدر مستمر للوقود هو غير معروف وتخميني، وأنه غالباً ما يخضع لتخمينات ملهمة.

في بيئة العرض المحدودة هذه يجب فحص المصادر الأخرى للوقود السائل، إذ أنه من المؤكد أن الطلب على الوقود الســائل ســيزداد في المستقبل المنظور وأن إمكانية اســتخدام مصادر الطاقة كمصادر للوقود تســتحق التعليق في هذا الوقت. وبشــكل أكثر تحديداً فإن هناك ما يبرر التعليقات حول إمكانات النفط والفحم والســجيل النفطي والكتلة الحيوية غير المكتشفة، فضلاً عن التحديات التي تواجه الصناعة.

9-1: النفط غير المكتشف

إن موارد النفط غير المكتشفة هي موارد يقدر وجودها على أساس المعرفة الجيولوجية الواسعة والنظرية، وكذلك في تراكمات غير مكتشفة خارج الحقول المعروفة (Attanasi, 1999)، وبالنســبة للبعض يعتبر النفط غير المكتشــف حقيقة بينما يعتبر النفط غير المكتشف بالنسبة للآخرين مجرد خرافة.

إن التنقيــب عن البترول هو إجراء تقني فعال، وسيكشــف التحقيق في تكوين جيولوجي أو حوض رسوبي باســتخدام تقنيات الزلازل الحديثة عن جميع الاحتمالات المهمة تقريباً، ومن ثــم يُظهر لشركات النفط مكان التأجير لإجراء مزيد من عمليات الحفــر التجريبية. في الوقت الحالي لا توجد مناطق تقريبــاً لا يمكن التنقيب فيها عن البترول بنجاح، إذ أشــارت الدراســات الجيولوجية الإقليمية إلى وجود فرصة جيدة للعثور على حقول نفطية رئيســة (أي تلك التي لديها استخلاص نهائي لأكثر من 100 مليون برميل من النفط).

ولسـوء الحظ فإنه على الرغم من الجهود المكثفة التي تبذلها جميع شركات النفط العالمية لكن لم يتم العثور فعلياً إلا على عدد قليل من الحقول الرئيسة الجديدة التي وعـد بها علماء الجيولوجيا، وقد تم التعرف على جميع مقاطعات النفط التي يمكن الوصول إليها في العالم سـابقاً وتم اكتشاف معظم حقولها الرئيسـة في وقت سـابق. لقد تم إجراء العديد من الاكتشافات الرئيسة في أواخر السـتينات التي جلبت الإنتاج في الخارج من خلال التقنيات البحرية الجديدة خلال منتصف السـبعينات في الوقت المناسب لجذب منتجي أوبك، ولم يتم العثور على مقاطعات نفطية رئيسة جديدة تنتج 7 إلى 25 مليار برميل منذ عام 1980. إن العالم محدود، ولقد كان عام اكتشاف النفط العالمي ذروته في عام 1962. ومنذ ذلك الحين فقد انخفض معدل الاكتشـاف العالمي بشكل حـاد في جميع المناطق، وأن حقول النفط الكبرى والعملاقة البالغ عددها 1311 حقلاً تحتوي على 94% من النفط المعروف في العالم، ومن ثم فهي الأكثر أهمية لإمدادات النفط العالمية المستقبلية.

أدت تقنيات الحفر الزلزالية والأفقية الحديثة ثلاثية الأبعاد إلى تحسـين استخراج النفط الحالي في الحقول المعروفة، ولكنها لم تحدث أي تغيير جوهري في الاحتياطيات العالمية أو اكتشـافات الحقول الرئيسـة، وعندما انهار سعر النفط العالمي في عام 1986 فقد تم تقليص أموال وجهود الاستكشـاف بشكل كبير في كل مكان، وبحلول عام 1989 كانت جميع الشركات الكبرى تقوم بتقليص حجمها والتخلص من معظم موظفيها الجيولوجيين والجيوفيزيائيين. لقد مرت فترة السـت سنوات الدنيا اللازمة لاكتشاف أكبر خمسة حقول في أي حوض دون القيام باكتشـافات كافية لإثارة حمـاس الإدارة العليا، لذلك فقد جفت الأموال للجميع باستثناء الآفاق الرئيسة، وهذا أمر مؤسف لأن الموارد الضخمة المتبقية المفترضة لن يتم تحويلها أبداً، وبالإضافة إلى ذلك فإن هناك قدراً كبيراً من الخلاف حول مسـألة إمدادات النفط في المستقبل. إن أحد الأسباب هو وجود التباس بين المصطلحات المسـتخدمة من مثل الاحتياطيات النشـطة وغير النشـطة وكذلك الموارد المعروفة وغير المعروفة، وبالإضافة إلى ذلك فإنه

لا توجد وسيلة يمكن من خلالها التحقق من الاحتياطيات الأجنبية بدقة، مما يترك الأرقام عرضة للشك الشديد (Campbell and Laherrère, J.H. 1998)، وقــد يكون البعض من أرقام الاحتياطي مجــرد تقديرات تقريبية إجمالية لا أكثر من ذلك.

ومن ثم فإنه من الضروري إدراك أن تقديـــرات موارد النفط والغاز غير المكتشفة هي مجرد تقديرات - فإن التقديرات وحقيقة هذه التقديرات ستظل موضع تساؤل أو ينبغي دائماً أن تكون كذلك. إذ أنها محاولة لتحديد شيء لا يمكن معرفته بدقة حتى يتم استنفاد المورد بشكل أساس، ولهذا السبب فإنه ينبغي النظر إلى تقديرات الموارد على أنها مُقَيّمة في وقت ما بناءً على أي بيانات ومعلومـــات ومنهجية كانـــت متاحة في ذلك الوقت، لذلـــك تخضع تقديرات الموارد للمراجعة المســـتمرة إذ يتم تحويل الموارد غير المكتشفة إلى احتياطيات مع حدوث تحسينات في البيانات وطرائق التقييم (Attanasi, 1999).

تاريخياً كان قد تـــم إعداد تقديرات لكميات مـــوارد النفط والغاز غير المكتشـــفة والمتوقع وجودهـــا في داخل منطقة أو دولـــة لمجموعة متنوعة من الأغراض باستخدام طرائق عدة مختلفة، وللاستفادة الفعالة من هذه التقديرات أو لمقارنتهـــا مع الآخرين فإنه يجب على المرء أن يطـــور فهماً لكيفية إعدادها ولماذا تم إعدادها، ومدى موثوقية البيانات التي تستند إليها، وخبرة المقيّمين، والآثار والقيود على المنهجية المستخدمة، وطبيعة أي قيود وافتراضات جغرافية أو اقتصاديـــة أو تقنية أو زمنية قد تنطبق، ومن المهم بالقدر نفســـه أن يقوم أولئك الذين يعدون التقديرات بتوفير الوثائق الكافية للســـماح للمستخدمين بتقييم المشكلات التي تم وصفها للتو.

إن الغرض من هذا الفصل هو دراســـة البعض من هـــذه القضايا بعامة، وكيـــف يمكن أن تؤثر في مصداقية تقديرات المـــوارد وفائدتها، وبعامة فإن أوجه عدم اليقين في تقديرات النفط والغاز الطبيعي غير المكتشفة تكون هي الأكبر بالنسبة للمناطق التي لديها القليل من الجهود الاستكشافية السابقة أو لم يكن لديها أي جهد استكشـــافي على الإطلاق، وبالنسبة للمناطق التي تم

استكشافها على نطاق واسع التي هي في مرحلة تطوير ناضجة، فقد تم القضاء على العديد من المجاهيل ويمكن تقييم الموارد المستقبلية بثقة أكبر. حتى في البعض من مناطق الإنتاج الناضجة فإنه لا يزال هناك عدم يقين بشأن إمدادات النفط والغاز المحتملة في أعماق الحفر الأكبر، وأن عدم اليقين يسود أيضاً التوقعات حول ما إذا كانت المكامن المحتملة لم يتم التعرف عليها أو تم تجاوزها في عمليات الحفر السابقة، وبالمثل فإنه عندما تستند تقديرات الموارد إلى مقارنات تناظرية بين المناطق التي تم استكشافها بشكل ناضج والمناطق غير المكتشفة فإنه يتم تقديم عدم اليقين، وذلك لأن لكل منطقة أو حوض له خصائص فريدة، إلى احتياطيات فعلية ما لم يتم إجراء اكتشافات.

على الرغم من أن معرفتنا الأساسية بأصل النفط والغاز وهجرتهما واستغلالهما قد تقدمت بشكل ملحوظ خلال الثلاثين عاماً الماضية، إلا أن حقيقة استمرار التقدم العلمي المتزايد تؤدي إلى مزيد من عدم اليقين في تقدير الموارد، لا سيما في المناطق الحدودية أو على نطاق واسع في أعماق الحفر، وبمعنى آخر قد تؤدي المعرفة الجديدة إلى زيادات أو نقصان في تقديرات الموارد غير المكتشفة ولكنها تؤدي بعامة إلى تقليل عدم اليقين.

إن الاكتشاف هو الخطوة الأولى فحسب في تطوير موارد النفط الخام والغاز الطبيعي، وأن الحالة الحالية للمعرفة التقنية في جيولوجيا المكمن وهندسة البترول، بالإضافة إلى اللوائح الحالية تحدد التباعد والإنجاز وطرائق الإنتاج الخاصة بآبار التطوير (أي الآبار المنتجة للبترول التي تم حفرها بعد اكتشاف البئر). مع زيادة المعرفة الهندسية والجيولوجية فإنه يتم تعزيز قدرتنا على سحب كميات أكبر من النفط والغاز من الحقول الحالية، ومن ثم فإن أحجام الحقول من حيث براميل النفط القابلة للإنتاج أو الأقدام المكعب من الغاز ستزداد بمرور الوقت. إن عدم اليقين بشأن الأحجام النهائية للحقول المكتشفة يؤدي إلى عدم اليقين في تقديرات توزيعات الحجم للحقول غير المكتشفة في مناطق ذات خصائص مكامن مماثلة وتاريخ جيولوجي.

يمكن للعلماء تقدير كميات النفط والغاز غير المكتشفة القابلة

للاســتخراج تقنياً بناءً على الحالــة الحالية للمعرفة الجيولوجية والهندســية المعدلة من خلال النظر في التقدم التكنولوجي المســتقبلي. لكن مع ذلك فإن النسبة المئوية لتلك الكمية التي يمكن اكتشافها وإنتاجها بالفعل هي مسألة اقتصادية، إذ تؤثر أوجه عدم اليقين بشــأن أسعار النفط الخام والغاز الطبيعي المستقبلية وتكاليف الاستكشاف والتطوير سلباً في جميع تقديرات الموارد، وباختصار فإن حالات عدم اليقين المتجسدة في الافتراضات الاقتصادية تؤدي إلى شــكوك كبيرة في تقديرات الموارد القابلة للاستخلاص اقتصادياً وتفسير البعض من الاختلافات الكبيرة بين المقدرين.

9-2: الفحم

إن الفحم هو وقود أحفوري يتكون في النظم البيئية للمســتنقعات حيث يتم حفظ بقايا النباتات بواســطة الماء والطين من الأكسدة والتحلل الحيوي، والفحم هو أيضاً صخر رســوبي عضوي قابل للاشــتعال ويتكون أساساً من الكربون والهيدروجين والأوكسجين، ويتكون من نباتات قديمة ويتماسك بين طبقات الصخور الأخرى لتشــكيل طبقات الفحم، ويمكن اعتبار الأشكال الأكثر صلابة من مثل فحم أنثراسايت صخوراً عضوية متحولة بسبب درجة النضج الأعلى.

يتكــون الفحم في المقــام الأول من الكربــون إلى جانب عناصر أخرى متنوعة بمــا في ذلك الكبريت، كما أنــه أكبر مصدر منفــرد للوقود لتوليد الكهربــاء في جميع أنحاء العالم، فضلاً عن كونــه أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أوكسيد الكربون التي تم اعتبارها السبب الرئيس للاحتباس الحراري، ويتم اســتخراج الفحم من باطن الأرض عن طريق تعدين الفحم وذلك عن طريق إما التعدين تحت الأرض أو التعدين المكشوف (التعدين السطحي).

كمصدر للطاقة الأحفورية فإنه يمكن للفحــم أن يلعب دوراً جوهرياً كمصــدر طاقة انتقالي، إذ ينتقل المرء من النظام الاقتصادي القائم على النفط والغاز الطبيعي إلى النظام الاقتصادي المســتقبلي، وذلك بناءً على أنظمة الطاقة غير القابلــة للنضوب أو المتجــددة (Speight, 2008 ، BP,2008)، ولقد تم

استخدامه كمصدر للطاقة لآلاف السنين وله العديد من الاستخدامات المهمة، ولكن الأهم من ذلك هو في توليد الكهرباء وتصنيع الفولاذ والإسمنت والتدفئة الصناعية.

يمثل الفحم نحو 28% (الفحم الصلب 25% ، الفحم البني الناعم 3%) من الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية، ولا يتجاوزه إلا النفط الخام فحسب (BGR, 2007)، وتستخدم البلدان النامية نحو 55% من الفحم العالمي اليوم، ومن المتوقع أن ترتفع هذه الحصة إلى 65% خلال الخمسة عشر عاماً القادمة (Balat and Ayar, 2004)، وكذلك فإنه من المتوقع أن يشكل الفحم أكثر من 34% من الطلب العالمي على الطاقة الأولية في عام 2050.

يُعد استخدام الفحم في المنزل للتدفئة والطبخ في العالم النامي أمراً مهماً ((Balat, 2007، ولكي يظل الفحم منافساً لمصادر الطاقة الأخرى في البلدان الصناعية في العالم فإنه كان من الضروري استمرار التحسينات التكنولوجية في جميع جوانب استخراج الفحم، وغالباً ما يكون الفحم هو البديل الوحيد عندما تكون مصادر الطاقة النظيفة المنخفضة التكلفة غير كافية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة (Balat and Ayar,2004).

يتواجد الفحم الحجري بأشكال أو أنواع مختلفة، وذلك بسبب الاختلافات في طبيعة مادة المصدر والتغيرات المحلية أو الإقليمية في عمليات التحصين، التي تتسبب في تطور المادة النباتية بشكل مختلف.

وهكذا فإنه مع زيادة تأثير العمليات الجيولوجية بمرور الزمن، فإن سلائف الفحم وبمرور الوقت ستتحول إلى ما يأتي:

1 - **الليغنيت Lignite** الذي يشار إليه أيضاً بالفحم البني هو أدنى رتبة من الفحم، ويستخدم تقريباً كوقود لتوليد الطاقة البخارية والكهربائية.

2 - **الفحم شبه البيتوميني Sub-bituminous coal**: تتراوح خصائصه من تلك الخاصة بالليغنيت إلى تلك الخاصة بالفحم البيتوميني، ويستخدم بشكل أساس كوقود لتوليد الطاقة البخارية والكهربائية.

3 - **الفحـــم البيتوميـــني Bituminous coal**: هو فحم كثيف وعادة ما يكون أسود اللون، وأحياناً يكون ذو لون بني غامق، وغالباً ما يكون مع نطاقات محددة جيداً من المواد الساطعة والباهتة، ويستخدم في المقام الأول كوقود في توليد الطاقة البخارية والكهربائية، مع كميات كبيرة تســتخدم أيضاً لتطبيقات الحرارة والطاقة في التصنيع وصنع فحم الكوك.

4 - **أنثراسايت Anthracite**: وهو أعلى رتبة وأنه فحم أسود أكثر صلابة ولمعاناً، ويستخدم بشكل أساس في تدفئة المساحات السكنية والتجارية.

تشــير رتبة الفحم إلى التغيرات التدريجيــة في الكربون والمواد المتطايرة، وربما الرماد والكبريت التي يحــدث مع تقدم عملية التحصين من الليغنيت منخفض الرتبة عبر الرتب الأعلى من شبه البيتومين عالي التقلب والبيتومين منخفض التطاير والأنثراســايت. لا ينبغي الخلط بين رتبــة الفحم ودرجته، إذ تمثل المرتبة العالية (على ســبيل المثال الأنثراســايت) الفحم من الرواسب الــتي خضعت لأكبر درجة من التحول، وهي تحتوي على القليل جداً من المواد المعدنية والرماد والرطوبة.

ومن ناحية أخــرى فإن أي رتبة من الفحم عند تنظيفها من الشــوائب من خلال تحضير الفحم ســتكون من درجة أعلى، إن إنتاج الوقود السائل من الفحـــم ليس جديداً وقد حظي باهتمام كبير لأن المفهوم لا يمثل مســارات بديلة للوقود السائل (Berthelot, 1869، Batchelder, 1962، ، Anderson and Tillman,1979، Whitehurst et al, 1980، Gorin, 1981، Stranges, 1983 ، Stranges, 1987 ،Argonne, 1990 ،Speight, 2008). كان أول استخدام رئيسي لتكنولوجيــا Fischer Tropsch خلال الحرب العالميــة الثانية، وذلك عندما أنتجت ألمانيا نحو 90% من وقود الديــزل ووقود الطائرات، وقد بدأت جنوب إفريقيا في تسييل الفحم اســتجابةً لعقوبات حقبة الفصل العنصري، ونتيجة لاستثماراتها في ذلك الوقت جزئياً فقد تواصل استخلاص نحو30% من وقودها من الفحم المسال.

وفي الواقع فإنه غالباً ما يُستشهد بالمفهوم كخيار قابل للتطبيق للتخفيف

من النقص المتوقع في الوقود السائل بالإضافة إلى تقديم قدر من الاستقلال في مجال الطاقة أو أمن الطاقة لتلك البلدان التي لديها موارد هائلة من الفحم التي تعد أيضاً مستورداً صافياً للنفط الخام، ولقد تضمنت إحدى العمليات المبكرة لإنتاج الوقود السائل من الفحم ما يسمى بعملية بيرجيوس Bergius. في هذه العملية يتم طحن الفحم الحجري أو شبه البيتوميني بشكل ناعم وخلطه بالنفط الثقيل المعاد تدويره من العملية، ويضاف المحفز بشكل نمطي إلى الخليط ويضخ الخليط في مفاعل، ويحدث التفاعل عند ضغط هيدروجين يتراوح بين 400 إلى 500 درجة مئوية و 20 إلى 70 ميجا باسكالMPa ، وينتج التفاعل نفطاً ثقيلاً ونفطاً متوسطاً وبنزيناً وغازاً:

$$nC_{coal} + (n + 1)H_{2\rightarrow}C_nH_{2n+2}$$

لتحويل الفحم إلى سوائل فإنه يشار إلى هذه العملية بإسم تسييل الفحم المباشر، إذ يعتمد منتج الوقود الاصطناعي على نوع الفحم وتكوين المفاعل ومعلمات العملية والعوامل الحفازة، وبالإضافة إلى ذلك فإن أجزاء المنتج المختلفة تحتاج إلى مزيد من المعالجة لإنتاج الوقود الاصطناعي أو مخزون مزج الوقود بالجودة المرغوبة.

وفي الآونة الأخيرة فإنه كان قد تم تطوير عمليات أخرى لتحويل الفحم إلى وقود سائل، من مثل عملية Fischer–Tropsch للتوليف المباشر للهيدروكربونات السائلة التي تستخدم حالياً من قبل شركة ساسول Sasol في جنوب إفريقيا، وفي هذه العملية فإنه يشار إليها باسم تسييل الفحم غير المباشر وذلك نظراً لأنه يتم تحويل الفحم أولاً إلى غاز، ويتم تحويل الفحم إلى غاز لصنع غاز اصطناعي - خليط منقى متوازن من ثاني أوكسيد الكربون وغاز الهيدروجين H_2 - والغاز الاصطناعي المكثف باستخدام محفزات Fischer-Tropsch لإنتاج الهيدروكربونات الخفيفة التي يتم معالجتها إلى البنزين والديزل، ويمكن أيضاً تحويل الغاز الاصطناعي Syngas إلى ميثانول.

على الرغم من الاهتمام بعمليات تسييل الفحم التي ظهرت خلال السبعينات والثمانينات من القرن العشرين، فقد ظلت أسعار البترول دائماً

منخفضـــة بما يكفي لضمان أن بدء صناعـــة الوقود الاصطناعي القائمة على مصادر غير بترولية لن يصبح حقيقة تجارية.

مع استمرار حالة عدم اليقين بين البلدان المنتجة للنفط والعنف في الشرق الأوسط فقد أصبحت قضية أمن الطاقة مرة أخرى ذات أهمية قصوى، ويمكن أن يأتي جزء من أمن الطاقة هذا من خلال إنتاج الوقود السائل من الفحم، وكما هو الحال دائماً يتعلق السؤال الحقيقي بالاقتصاد المرتبط بسعر النفط.

تم تطوير تقنية Sasol وهي عملية من الجيل الثالث من Fischer-Tropsch في ألمانيا واستخدمت في الحرب العالمية الثانية وبعد ذلك في جنوب إفريقيا، وفي هذه العملية فإنه يتم تمرير البخار والأوكســجين فوق فحم الكوك في درجات حــرارة وضغوط عالية، ويتــم إنتاج الغاز الاصطناعي (خليط من أوكســيد الكربون والهيدروجين) ثم يُعاد تجميعه في وقود ســائل من خلال وكالة تفاعل Fischer-Tropsch (Speight, 2008).

على الرغــم من اعتباره مكلفاً للغاية للتنافس مع إنتاج الوقود الســائل من البــترول، فإن الوقود الســائل المُنتَج من الفحم عن طريــق التغويز(*)(*) gasification وتحويل الغاز الاصطنــاعي صديقاً للبيئة بقدر ما لا يحتوي على الكبريــت، ومن ثم فهو أكثر انســجاماً مع القوانين الحديثــة المتعلقة بوقود الكبريت المنخفض للغاية.

وفي الواقع فإن التقنيات المطلوبة لإنتاج إمدادات على نطاق واســع من الوقود السائل النظيف من الفحم هي ليست على لوحات الرسم أو في المختبرات، فإنه يتم استخدامها في جميع أنحاء العالم اليوم، إبتداءً من بلدان من مثل جنوب إفريقيا التي اعتمدت منذ فترة طويلة على تسييل الفحم لتوفير نسبة كبيرة من وقود النقل إلى الصين والهند وإندونيسيا والفلبين.

إن العيب الواضــح للعمليات المباشرة وغير المباشرة التي تنتج ســوائل من الفحــم يتعلق بالقضايا البيئية، إذ تؤدي عملية تحويل الفحم إلى ســائل

(*) التغويز : التحويل إلى الحالة الغازية

واستخدامه في النقل إلى إطلاق ما يقرب من ضعف كمية ثاني أوكسيد الكربون التي يطلقها حرق الديزل المصنوع من النفط الخام، وفي عالم واعٍ لتغير المناخ فإن هذا الكربون الزائد يُعد قضية رئيسة. قد تكون إحدى الطرائق للتغلب على هذه المشكلة هي أخذ ثاني أوكسيد الكربون ودفنه تحت الأرض، وهناك طريقة أخرى تتمثل في استبدال المواد الأولية للوقود الأحفوري بالكتلة الحيوية (Speight, 2008).

إن الاقتصاد هو قضية أخرى لأن العمليات (وبخاصة تقنية Fischer-Tropsch) كانت دائماً باهظة الثمن نسبياً، لكن مع ذلك قد تضطر الحاجة إلى تبرير النفقات بقدر ما يكون استقلال الطاقة هو الأمر المطروح.

3-9: السجيل النفطي

إن السجيل النفطي Oil Shale هو مزيج معقد من المواد العضوية وغير العضوية التي تختلف بشكل كبير في التركيب والخصائص، وبعامة فإن السجيل النفطي هو عبارة عن صخور رسوبية دقيقة الحبيبات غنية بالمواد غير العضوية وتنتج النفط عند تسخينها، وأن البعض من السجيل النفطي هو صخر حقيقي ولكن البعض الآخر تم تصنيفه بشكل غير صحيح وهو في الواقع أحجار طينية أو حجر جيري غير نقي أو حتى فحم رديء.

تحتوي رواسب السجيل النفطي في غرب الولايات المتحدة على ما يقرب من 15% من المواد العضوية من حيث الوزن، وفي الولايات المتحدة تتركز الرواسب في تكوين النهر الأخضر Green River في ولايات كولورادو ووايومنغ ويوتا وهي تمثل ما يقرب من ثلاثة أرباع هذه الإمكانات. تختلف كمية الكيروجين kerogen في السجيل النفطي باختلاف العمق وتظهر الأجزاء الأكثر ثراءً أغمق بكثير، وعلى سبيل المثال في كولورادو يُطلق على أغنى الطبقات اسم منطقة الماهوجني Mahogany بعد اللون البني الغني.

لا يحتوي السجيل النفطي على نفط ولا ينتج النفط إلا عند تسخينه إلى نحو 500 درجة مئوية (نحو 932 درجة فهرنهايت)، وعندما يتم تحويل البعض من المواد العضوية إلى ناتج تقطير فإنه يتم قياس إمكانات إنتاج السوائل من

السجيل النفطي بواســطة طريقة الانحلال الحراري المختبرية المسماة فحص فيــشر Fischer Assay (Scouten, 1990; Speight, 1994) ويتم الإبلاغ عنها بالبراميل (42 جالوناً) لكل طن. يمكـــن أن تنتج المناطق الغنية أكثر من 40 جالوناً للطن، بينما يقع معظم الســجيل النفطي في حــدود 10 إلى 25 جالوناً للطن، ويُنظر بعامة إلى إنتاج السجيل النفطي بأكثر من 25 جالون أمريكي لكل طن على أنه الأكثر جاذبية من الناحيـــة الاقتصادية، ومن ثم فإنه الأكثر ملاءمة للتطوير الأولي، ويمكن تكرير النفط الســجيلي (أو المسمى حالياً بالنفط الصخري) إلى نفط خام اصطناعي ويمكن أن تترجم الموارد المعروفة للولايات المتحدة إلى 2.2 تريليون برميل من النفط الخام الاصطناعي.

تتضمن العمليات السطحية لإنتاج الســوائل استخراج السجيل النفطي متبوعاً بالتسخين على الســطح في مفاعل reactor، ويشار إليه بالمِعوَجَة، وينتج النفط السجيلي الذي يشـــار إليه غالباً بإسم النفط الخام الاصطناعي synthetic crude oil قبل المعالجة بالهيدروجين وبعدها. لكن مع ذلك وباستثناء العمليات في الموقع فإنه يجب تعدين السجيل النفطي قبل تحويله إلى نفط سجيلي، واعتماداً على العمق والخصائص الأخرى لرواسب السجيل النفطي المستهدفة فإنه يمكن استخدام طرائق التعدين السطحي أو التعدين تحت الأرض.

تتجنب العمليات التي تتم في الموقع الحاجة إلى استخراج السجيل النفطي ولكنها تقدم الحرارة إلى الكيروجين بينما لا يزال جزءاً لا يتجزأ من تكوينه الجيولوجي الطبيعي ويتم استخلاص المنتج على أنه ناتج تقطير من خلال البئر، وهناك نهجان عامان في الموقع هما **حقيقي** في الموقع حيث يوجد حد أدنى أو لا يوجد أي اضطراب في طبقة الركاز، وإطار **معدّل** حيث يُعطى السرير نســيجاً شــبيهاً بالركام، وذلك إما من خلال التفجير المباشر مع رفع الســطح أو بعد التعدين الجزئي لإنشاء مســاحة فارغة، وتميل العمليات في الموقع إلى العمل ببطء وقد تتطلب سنة أو أكثر لإنتاج النفط السجيلي.

تتضمـــن العمليات المعدلـــة في الموقع التعدين تحت الرواســـب النفطية المســـتهدفة قبل التســـخين، إذ تحاول هذه العمليات تحسين الأداء من خلال

تعريض المزيد من الترسبات لمصدر الحرارة وتحسين تدفق الغازات والسوائل من خلال التكوين الصخري، وزيادة حجم وجودة النفط المُنتَج.

إن عمليات إعادة تقوية السجيل النفطي تنتج النفط مع عدم وجود بقايا عالية الغليان تقريباً، ومع الترقية فإن النفط السجيلي يعتبر منتجاً ممتازاً خفيف الغليان وأكثر قيمة من معظم النفوط الخام، لكن مع ذلك فإن خصائص النفط السجيلي تختلف كدالة لعملية الإنتاج (إعادة التقوية). إذ أن المواد المعدنية الدقيقة التي تم ترحيلها من عملية التقوية واللزوجة العالية وعدم استقرار النفط السجيلي الناتج عن عمليات إعادة التقوية الحالية استدعت ترقية النفط السجيلي قبل نقله إلى المصفاة.

يمكن إجراء التحديث أو التكرير الجزئي لتحسين خصائص النفط السجيلي الخام باستخدام خيارات مختلفة، فالمعالجة بالهيدروجين هي الخيار المفضل لإنتاج منتج مستقر يمكن مقارنته بالنفوط الخام المعيارية (الفصل 4)، ومن حيث نشاط التكرير والمحفز فإن محتوى النيتروجين في النفط السجيلي هو عيب، فإذا لم يتم إزالته فإن الزرنيخ والحديد في النفط السجيلي سوف يسمم المحفزات المدعومة المستخدمة في المعالجة المائية ويلوثها.

ينتج عن مزج منتجات النفط السجيلي مع منتجات النفط الخام المقابلة باستخدام أجزاء النفط السجيلي التي تم الحصول عليها من نفط سجيلي معالج بدرجة معتدلة بالهيدروجين كل من الكيروسين ووقود الديزل بخصائص مُرضية. لذلك فإن المعالجة المائية لمنتجات النفط السجيلي إما بمفردها أو في مزيج مع أجزاء النفط الخام المقابلة هي ضرورية، وأنه يجب تعديل شدة المعالجة المائية وذلك وفقاً للخصائص الخاصة للتغذية والمستوى المطلوب لاستقرار المُنتَج.

تكمن المشكلة الأساسية في جميع تقنيات السجيل النفطي في الحاجة إلى توفير كميات كبيرة من الطاقة الحرارية لتحليل الكيروجين إلى مُنتجات سائلة وغازية، ويجب تسخين أكثر من طن واحد من السجيل النفطي إلى درجات حرارة تتراوح بين 850 درجة و 1000 درجة فهرنهايت (425 إلى 525

درجة مئوية) لــكل برميل من النفط المتولد، ويجــب أن تكون الحرارة التي يتم توفيرها عالية الجودة نســبياً للوصول إلى درجة الحـــرارة المعوجة، وبمجرد اكتمال التفاعل فإنه يكون اســترداد الحرارة المعقولة من الصخور الساخنة أمراً مرغوباً جداً لاقتصاديات العملية المثلى، ويؤدي هذا إلى ثلاثة مجالات إذ يمكن للتكنولوجيا الجديدة أن تحسن اقتصاديات استخلاص النفط:

1 - استعادة الحرارة من السجيل النفطي المستهلك.

2 - التخلص من الســجيل النفطي، خاصة إذا تــم تفريغه في درجات حرارة حيث يمكن للفحم أن يشتعل في الهواء.

3 - التوليد المتزامن لكميات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون.

عادةً ما يكون استرداد الحرارة من المواد الصلبة الساخنة غير فعال ما لم يكن في مجال تقنية الطبقة المُمَيَعة، لكن مع ذلك فإن تطبيق تقنية الطبقة المُمَيَعة على السجيل النفطي سيتطلب طحن السجيل النفطي إلى أحجام أقل من نحو مليمتر واحد، وهي مهمة كثيفة الطاقة من شأنها أن تؤدي إلى مشكلة التخلص المكلفة، ويمكن استخدام هذه الجسيمات الدقيقة في عملية درجات حرارة منخفضة لعزل ثاني أوكسيد الكربون (Fenton, 1977).

يعتبر التخلص من الســجيل النفطي أيضاً مشــكلة يجب حلها بطريقة اقتصادية من أجل التطوير الواسع النطاق للسجيل النفطي للمضي قدماً.

يحتوي الســجيل المعاد تدويره على الكربون على شكل فحم، وهو ما يمثل أكثر من نصف قيم الكربون الأصلية في الســجيل النفطي، ومن المحتمل أن يكون الفحم قابل للاشتعال ويمكن أن يحترق إذا تم إلقاؤه في الهواء الطلق وهو ســاخن، وينتج عن عملية التســخين مادة صلبة تشغل حجماً أكبر من السجيل النفطي الطازج بسبب مشاكل تعبئة الجزيئات العشوائية. إن صناعة النفط الســجيلي التي تنتج 100,000 برميل يوميــاً - حول الحد الأدنى لعملية عالمية النطاق - ســتعالج أكثر من 100,000 طن من الســجيل وتنتج كمية من السجيل المُستَهلَك تعادل كتلة تزيد عن 100 قدم بشكل عرضي، ومع افتراض

القليل من الجهد في التعبئة للحفاظ على الحجم، فإنه يمكن إعادة جزء من السجيل المُستهلَك إلى مناطق التعدين للمعالجة، كما يُمكن استخدام البعض منه كوقود لأفران الإسمنت.

تتجنب العمليات في الموقع مشاكل التخلص من السجيل المحروق المستهلك لأن السجيل المحروق المستنفد يظل في مكان تكوينه، ولكن من ناحية أخرى سيحتوي السجيل المحروق المستنفد على سوائل غير مجمعة يمكن أن تتسرب إلى المياه الجوفية، ومن المحتمل أن تتسرب الأبخرة الناتجة في أثناء عملية إعادة التصنيع إلى طبقة المياه الجوفية (Karanikas et al., 2005).

مع تزايد الطلب على أجزاء الهيدروكربونات الخفيفة باستمرار فإن هناك اهتمام كبير بتطوير طرائق اقتصادية لاستخلاص الهيدروكربونات السائلة من السجيل النفطي على نطاق تجاري، لكن مع ذلك فإن الهيدروكربونات المستخلصة من السجيل النفطي لم تعد قادرة على المنافسة اقتصادياً مقابل النفط الخام المُنتَج.

فضلاً عن ذلك فإن قيمة الهيدروكربونات المستخرجة من السجيل النفطي تتضاءل وذلك بسبب وجود ملوثات غير مرغوب فيها، إن الملوثات الرئيسة هي مركبات الكبريت والنيتروجين والمواد المعدنية والمواد المعدنية العضوية التي تسبب تأثيرات ضارة لمختلف المحفزات المستخدمة في عمليات التكرير اللاحقة، وأن هذه الملوثات غير مرغوب فيها أيضاً وذلك بسبب رائحتها الكريهة وخصائصها المسببة للتآكل ومنتجات الاحتراق التي تسبب المزيد من المشاكل البيئية.

لا يزال للسجيل النفطي مستقبل ويظل خياراً قابلاً للتطبيق لإنتاج الوقود السائل، ولا تزال العديد من الشركات المشاركة في مشاريع السجيل النفطي السابقة تمتلك تكنولوجيا السجيل النفطي وأصولها من الموارد. توافر مجموعة المعرفة والفهم التي تم إنشاؤها من خلال هذه الجهود السابقة الأساس للتقدم المستمر في إنتاج النفط السجيلي والتعدين وتكنولوجيا المعالجة وتدعم الاهتمام والنشاط المتزايد في جميع أنحاء العالم في تطوير السجيل النفطي. وفي

الواقع فإنه في كثير من الحــالات لم يتم التخلي عن التقنيات التي تم تطويرها لإنتــاج زيت الكيروجين ومعالجته من الســجيل النفطي، ولكن تم إيقافها للتكيف والتطبيق في تاريخ مستقبلي عندما يزداد الطلب في السوق ويمكن تبرير الاستثمارات الرأسمالية الكبرى لمشاريع السجيل النفطي.

فيما يتعلق بالتقنيات المبتكرة فإن كل من عمليات إعادة التقوية التقليدية والعمليات الجارية في الموقع تؤدي إلى عدم الكفاءة التي تقلل من حجم النفط السجيلي المُنتَج وجودته، واعتماداً على كفاءة العملية فإنه يتم ترسيب جزء من الكيروجين الذي لا ينتج ســائلاً إما على هيئة فحــم الكوك على المادة المعدنية المضيفة أو يتم تحويله إلى غازات هيدروكربونية، ولغرض إنتاج النفط السجيلي فــإن العملية المثلى هي تلك التي تقلل من التفاعــلات الحرارية والكيميائية الانحدارية التي تشكل غازات فحم الكوك والغازات الهيدروكربونية وتزيد من إنتاج النفط الســجيلي. تســعى عمليات التعديل والترقية الجديدة والمتقدمة إلى تعديل كيمياء المعالجة لتحســين الاستخلاص و/أو إنشاء منتجات ثانوية عالية القيمة، وهناك عمليات جديدة قيد البحث والاختبار في بيئات عدة على نطاق مختبري، ويشتمل البعض من هذه الأساليب على درجات حرارة منخفضة للتدفئة، ومعدلات تســخين أعلى وفترات بقــاء أقصر وإدخال مواد كاذبة من مثــل الهيدروجين أو عوامل نقل الهيدروجــين، بالإضافة إلى إدخال المذيبات (Baldwin, 2002).

أخيراً فإن تطوير موارد الســجيل النفطي الغربي سيتطلب المياه لعمليات المصنع ودعم البنيــة التحتية والنمو الاقتصادي المرتبــط بها في المنطقة، في حين أن البعض من تقنيات الســجيل النفطي قد تتطلب انخفاض متطلبات ميــاه العملية، إلا أن المصادر المســتقرة والآمنة لأحجــام كبيرة من المياه قد لا تزال مطلوبة لتطوير الســجيل النفطي على نطاق واســع، ومن المتوقع أن يكون الطلب الأكبر على المياه هو اســتصلاح الأراضي ودعم النمو السكاني والاقتصادي المرتبط بنشاط السجيل النفطي.

ومـــع ذلك فإنه إذا كان مـــن الممكن تطوير تقنية لاســـتخلاص النفط اقتصادياً من السجيل النفطي ولتلبية الطلب على الطاقة بطريقة مقبولة بيئياً، فإن إمكانات الســـجيل النفطي تُعد هائلـــة (Bartis et al., 2005; Andrews, 2006). فإذا كان من الممكن تحويل الكيروجين إلى نفط، فستكون الكميات أكبر بكثير من جميع احتياطيات النفط التقليدية المعروفة، ولسوء الحظ فإن آفاق تطوير السجيل النفطي غير مؤكدة، ولا تزال التكلفة التقديرية للتعويض السطحي عالية ويرى الكثيرون أنه من غير الحكمة التحرك نحو الجهود التجارية على المدى القريب.

4-9 : السوائل من الكتلة الحيوية

إن الوقود الأحفوري هو من مصـــادر الطاقة المحدودة (Salameh, 2005; Pimentel and Pimentel, 2006)، لذلـــك فإن تقليل الاعتماد الوطني لأي بلد على النفط الخام المســـتورد له أهمية حاســـمة للأمن على المدى الطويل والنمو الاقتصادي المســـتمر. إن استكمال اســـتهلاك البترول بموارد الكتلة الحيوية المتجـــددة هو الخطوة الأولى نحو تحقيق هذا الهدف، وأن إعادة تنظيم الصناعة الكيماوية من مفهوم تكريـــر البتروكيماويات إلى مفهـــوم المصفاة الحيوية هو أمر ممكن، ومع مرور الزمن فقد أصبـــح هدفاً وطنياً للعديد من البلدان المســـتوردة للنفط، لكن مع ذلك فإن الأهداف المحددة بوضوح هي ضرورية لزيادة استخدام المواد الأولية المشتقة من الكتلة الحيوية في الإنتاج الكيميائي الصناعي، ومن المهم الحفاظ على الهدف في المنظور الصحيح.

توافر الكتلة الحيويـــة حالياً نحو 14% من احتياجـــات الطاقة في العالم، ولكن لديها القدرة النظرية على توفير 100%، ويتم تنفيذ معظم إنتاج الكتلة الحيوية واستخدامها في الوقت الحاضر للطاقة بطريقة غير مستدامة للغاية مع العديد من العواقب البيئية الســـلبية، فإذا كانت الكتلة الحيوية ستوافر نسبة أكبر من احتياجات الطاقة في العالم في المستقبل، فسيكون التحدي هو إنتاج الكتلة الحيوية وتحويلها واســـتخدامها دون الإضرار بالبيئة الطبيعية. توجد اليوم التقنيات والعمليات التي إذا تم استخدامها بشكل صحيح فإنها ستجعل

الوقود القائم على الكتلة الحيوية أقل ضرراً بالبيئة من الوقود الأحفوري، ويعد تطبيق هذه التقنيات والعمليات على أساس موقع محدد من أجل تقليل الآثار البيئية السلبية شرطاً أساسياً للاستخدام المســتدام لطاقة الكتلة الحيوية في المستقبل.

ينبــغي النظر إلى الاســتخدام المتزايد للوقــود الحيوي في هذا الســياق على أنه أحد مجموعــة من التدابير الممكنة لتحقيــق الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة وليس علاجاً شــاملاً(Crocker and Crofcheck, 2006; Worldwatch Institute, 2006; Freeman, 2007; Nersesian, 2007). إن الكتلــة الحيويــة هي مــورد متجدد وقد حظي اســتخدامها باهتمام كبير بســبب الاعتبارات البيئية والطلبات المتزايدة على الطاقة في جميع أنحاء العالم (Tsai et al.,2007; Speight, 2008)، وتعــد الكتلة الحيوية نظيفة لأنها تحتوي على محتوى ضئيل من الكبريت والنيتروجين والمكونات المكونــة للرماد، مما يؤدي إلى انخفاض انبعاثات ثاني أوكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والسخام مقارنة بالوقود الأحفوري التقليدي. تشــمل موارد الكتلة الحيوية الرئيسة ما يأتي: مخلفات الغابــات والمطاحن، والنفايــات والمحاصيل الزراعية، ومخلفات الأعشــاب والأخشــاب، ومخلفات الحيوانات، ومخلفات تشغيل الماشية، والنباتات المائية، والأشــجار والنباتات سريعة النمو، والنفايات البلديــة والصناعية. إن بقايا الغابات من حيث إنتاج الطاقة هي قديمة قدم النار نفســها، وفي العديد من المجتمعات لا يزال الخشــب هو المصدر الرئيس للطاقة، وبعامة فإنه يمكن أن تشــتمل الكتلة الحيوية على أي شيء ليس وقوداً أحفورياً قائم على أساس عضوي حيوي (Lucia et al, 2006).

هناك العديد من أنواع موارد الكتلة الحيوية التي يمكن اســتخدامها واستبدالها دون استنفاد الاحتياطيات بشكل لا رجعة فيه، وسيستمر استخدام الكتلة الحيوية في الازدياد كبديل للمواد الأحفورية المستخدمة كوقود وكمواد أولية لمجموعة من المنتجات (Narayan,2007، Speight, 2008). يحتوي البعض من مواد الكتلة الحيوية أيضاً على خصائص فريدة ومفيدة يمكن اســتغلالها

في مجموعـــة من المُنتَجات، بما في ذلك المســـتحضرات الصيدلانية وعدد من مواد التشحيم.

تمثل الكتلة الحيوية مورداً اقتصادياً كبيراً محتملاً يتم التخلص منه بشكل فعال، فعلى سبيل المثال فإنه غالباً ما يتم حرث القش المرتبط بمحصول القمح في التربة وذلك على الرغم من الحاجة إلى نسبة صغيرة منه فحسب للحفاظ على مستوى المادة العضوية، ومن ثم فإنه لا يتم استغلال مورد متجدد ضخم بشكل مفيد وذلك لأن قش القمح يحتوي على مجموعـــة من المواد الكيميائية المفيدة المحتملة، وهي تشمل هذه ما يأتي:

1 - الســـليلوز والمركبات ذات الصلة التي يمكن استخدامها لإنتاج الورق و/ أو الإيثانول الحيوي.

2 - مركبات الســـيليكا التي يمكن اســـتخدامها كمواد ترشيح من مثل تلك اللازمة لتنقية المياه.

3 - الدهون طويلة السلسلة التي يمكن استخدامها في مستحضرات التجميل أو في المواد الكيميائية المتخصصة الأخرى.

على ســـبيل المثال فإن المـــواد الأولية للكتلة الحيويـــة هي من ثم تلك الكتلة الحيوية الأولية الـــتي يتم حصادها أو جمعها من الحقل أو الغابة حيث يتم زراعتها، وتشـــمل أمثلة المواد الأولية للكتلة الحيوية الأولية المستخدمة حالياً في الطاقة الحيوية الحبوب ومحاصيل البذور الزيتية المستخدمة في إنتاج وقود النقل، بالإضافة إلى عدد من مخلفات المحاصيل من مثل تقليم البساتين وأجســـام الجوز وبعض المخلفات من قطع الأشـــجار وعمليات الغابات التي تُستخدم حالياً للتدفئة وإنتاج الطاقة.

تختلف المواد الأولية للكتلة الحيوية الثانويـــة عن المواد الأولية للكتلة الحيوية في أن المواد الأوليـــة الثانوية هي نتيجة ثانوية للمعالجة الأولية للمواد الأولية، ويعني من خلال المعالجة أن هناك تفـــككاً فيزيائياً أو كيميائياً كبيراً للكتلة الحيوية الأولية وإنتـــاج المنتجات الثانوية، وقد تكون المعالجات هي مصانـــع أو حيوانات. لا تؤدي العمليات الميدانية من مثل الحصاد أو التجميع

أو التقطيع أو الضغط إلى تصنيف مـــورد الكتلة الحيوية الذي تم إنتاجه عن طريق التمثيل الضوئي (على ســبيل المثال قمم الأشــجار والأطراف) على أنها كتلة حيوية ثانوية.

تشمل الأمثلة المحددة للكتلة الحيوية الثانوية نشارة الخشب من المناشر، والخمور الســوداء (التي تعد منتجاً ثانوياً لصناعة الورق)، ومصل الجبن (وهو منتــج ثانــوي لعمليات صناعة الجبن)، وأن الأســمدة مــن عمليات تغذية الحيوانات المركزة هي موارد الكتلة الحيوية الثانوية القابلة للتحصيل، وكذلك فإن الزيوت النباتية المســتخدمة في وقود الديزل الحيوي المشــتق مباشرة من معالجة البذور الزيتية لاســتخدامات مختلفة هي أيضاً مــورد ثانوي للكتلة الحيوية (Wright et al., 2006، Bourne, 2007).

تشتمل المواد الأولية للكتلة الحيوية من الدرجة الثالثة على بقايا المستهلك ونفاياته، من مثل الدهون والشــحوم والزيوت وحطام خشــب البناء والهدم ونفايات الأخشاب الأخرى من البيئات الحضرية، بالإضافة إلى نفايات التعبئة والنفايات الصلبة وغازات مدافن النفايات. تشتمل نفايات الأخشاب الأخرى من البيئة الحضرية على قصاصات من الأشجار الحضرية، التي تتوافق تقنياً مع تعريــف الكتلة الحيوية الأولية، لكن مع ذلك فإنه نظراً لأنه يتم التعامل مع هذه المواد عادةً كتدفق نفايات مع نفايات أخرى بعد الاســتهلاك من البيئات الحضرية، فإنه من المنطقي اعتبارها جزءاً من تيار الكتلة الحيوية الثالثية.

يمكن أن تنتــج الكتلة الحيوية مجموعة من أنواع الوقود الســائل التي تعرض مجموعة واسعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

إن الكحولات هي وقود مؤكسجة يتم إنتاجها من الكتلة الحيوية وعملياً فإنه بالإمكان اســتخدام أي من الجزيئات العضويــة لعائلة الكحول كوقود (Speight, 2008)، وأن الكحولات التي يمكن اســتخدامها لوقود المحركات هي الميثانــول (CH_3OH) والإيثانــول (C_2HOH) والبروبانــول (C_3H_7OH) والبيوتانول (C_4H_9OH). لكن مع ذلك فإن وقود الميثانول والإيثانول فحسب هما مناسبان تقنياً واقتصادياً لمحركات الاحتراق الداخلي (Bala, 2005).

يُعد إنتاج الإيثانول (يشار إليه أحياناً بإسم الإيثانول الحيوي) عن طريق تخمير الكربوهيدرات المشتقة من الذرة هو التقنية الرئيسة المستخدمة لإنتاج الوقود السائل من موارد الكتلة الحيوية (McNeil Technologies Inc., 2005)، فضلاً عن ذلك فإن من بين أنواع الوقود الحيوي المختلفة المناسبة للتطبيق في النقل فإنه يبدو أن الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي هما الأكثر جدوى في الوقت الحاضر. إن الميزة الرئيسة للإيثانول الحيوي والديزل الحيوي هي أنه يمكن خلطهما بالبنزين التقليدي والديزل على التوالي، مما يسمح باستخدام البنية التحتية نفسها للمناولة والتوزيع، وهناك نقطة أخرى قوية عن الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي هي أنه عند خلطهما بتركيزات منخفضة (أقل من10% إيثانول حيوي في البنزين و أقل من20% ديزل حيوي في الديزل) فلا يلزم إجراء أي تعديلات على المحرك.

يمكن مزج الإيثانول بالبنزين لإنتاج E85 وهو مزيج من 85% إيثانول و15% بنزين، وأن E85 يمزج مع تركيزات أعلى من الإيثانول، وأن E95 يشمل الإيثانول الحيوي النقي (وقود ElOO) الذي تم استخدامه بشكل أساس في البرازيل (Davis, 2006 ، Minteer, 2006 ، Speight, 2008). كانت الممارسة الأكثر انتشاراً هي إضافة ما يصل إلى 20% إلى البنزين (وقود E20 أو جازوهول) لتجنب تغييرات المحرك، لكن مع ذلك فقد تواجه المركبات التي تعمل بالوقود E100 صعوبة في البدء في الطقس البارد، ولكن هذه ليست مشكلة لسيارات E85 بسبب وجود البنزين.

بالمقارنة مع البنزين فإن الإيثانول يحتوي على 35% أوكسجين بالوزن بينما لا يحتوي البنزين على أي شيء من ذلك، يعزز وجود الأوكسجين الاحتراق الكامل مما يؤدي إلى تقليل انبعاثات العادم، وبالمقارنة مع احتراق البنزين فإن احتراق الإيثانول يقلل بشكل كبير من انبعاث أول أوكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة والجسيمات وغازات الدفيئة، لكن مع ذلك فإن وحدة الإيثانول تحتوي على طاقة أقل بنحو 32% من وحدة البنزين، ويعتبر تصنيف الأوكتان من أفضل صفات الإيثانول.

إن وقود الديزل الحيوي هو الاسم العام للوقود الذي يتم الحصول عليه عن طريق الأســترة (بالميثانول أو الإيثانول) للزيت النباتي (Knothe et al., 2005 ،Bockey, 2006)، وبالإمكان استخدام وقود الديزل الحيوي في محرك ديزل من دون تعديل وهو وقود بديل نظيف الاحتراق ينتج من مصادر محلية ومتجددة. إن الوقود هو عبارة عن خليط من إسترات ألكيل الأحماض الدهنية المصنوعة من زيوت نباتية أو دهون حيوانية أو شحوم معاد تدويرها، وحيثما أمكن فإنه يمكن استخدام وقود الديزل الحيوي في محركات الاشتعال بالضغط (الديزل) بشكله النقي مع تعديلات قليلة أو معدومة.

إن وقــود الديزل الحيوي قابل للتحلل الحيوي وهو غير ســام وخالٍ من الكبريت والمواد العطرية، ويتم استخدامه عادة كمادة مضافة للديزل البترولي وذلك لتقليل مستويات الجسيمات وأول أوكسيد الكربون والهيدروكربونات وســموم الهواء من المركبات التي تعمل بالديزل. عند استخدامه كمادة مضافة فإنه يمكن تســمية وقود الديزل الناتج بـــ B5 أو B10 أو B20 ، وهو ما يمثل النسبة المئوية للديزل الحيوي الممزوج بوقود الديزل البترولي.

يتم إنتاج وقــود الديزل الحيوي من خلال عملية يتــم فيها دمج الزيوت العضويــة من مثل زيت فول الصويا أو زيت الطهي المعاد تدويره مع الكحول (الإيثانول أو الميثانول) في وجود محفز لتكوين الإيثيل أو إستر الميثيل، ويمكن مزج الإيثيل أو اســترات الميثيل المشــتقة من الكتلة الحيوية مع وقود الديزل التقليدي أو اســتخدامها كوقود أنيق (وقود الديــزل الحيوي 100%). يمكن تصنيع وقود الديزل الحيوي من أي زيت نباتي أو دهون حيوانية أو زيوت نباتية أو زيوت طحالب دقيقة، وتعتبر زيوت فول الصويا والكانولا (بذور اللفت) من أكثر الزيوت النباتية شيوعاً المستخدمة اليوم.

يجــب إنتاج وقود الديــزل الحيوي من فئة الوقود وذلــك وفقاً لمواصفات الصناعة الصارمة (ASTM D6751) من أجل ضمان الأداء السليم.

إن وقود الديزل الحيوي هو الوقود البديل الوحيد الذي أكمل تماماً متطلبات اختبار الآثار الصحية لتعديلات قانون الهواء النظيف لعام 1990، وأن الديزل

الحيـــوي الذي يفي بـASTM D6751 والمســـجل قانوناً لدى وكالة حماية البيئة هـــو وقود محرك قانوني للبيع والتوزيع، ولا يمكـــن للزيت النباتي الخام تلبية مواصفات وقود الديزل الحيوي، لذلك فهو غير مسجل لدى وكالة حماية البيئة EPA وليس وقوداً قانونياً للمحرك.

يمكن استخدام عملية مختلفة تماماً عن تلك المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي لتحويل الكتلة الحيوية إلى نوع من الوقود مشـــابه للديزل الذي يُعرف بإســـم النفط الحيوي، وتحدث عملية الانحلال الحـــراري السريع أو الانحلال الحراري الومضي عندما يتم تســـخين الوقود الصلب في درجات حرارة تتراوح بين 350 و 500 درجة مئوية لفترة زمنية جد قصيرة (أقل من ثانيتين).

تعتبر النفوط الحيوية المنتجة حالياً مناسبة للاستخدام في الغلايات لتوليد الكهرباء، وفي عملية أخرى فإنـــه يتم تغذية المادة الأولية في طبقة مميعة عند 450 إلى 500 درجـــة مئوية ويومض خام التغذية ويتبخر، وتمر الأبخرة الناتجة إلى الإعصار cyclone حيث يتم نزع الجزيئات الصلبة والفحم.

يدخل الغاز الناتج عن الإعصار إلى برج الإخماد حيث يتم تبريده بسرعة عـــن طريق نقل الحرارة باســـتخدام النفط الحيوي المصنـــوع بالفعل في هذه العملية، ويتكثف النفط الحيوي في مســـتقبل المنتج ويتم إرجاع أي غازات غير قابلة للتكثيف إلى المفاعل للحفاظ على تســـخين العملية، ويستغرق رد الفعل الكامل من الحقن إلى التبريد ثانيتين فحسب.

5-9: استقلال الطاقة

لقد كان استقلال الطاقة قضية سياسية غير مطروحة في الولايات المتحدة منذ الحظر النفطي العربي الأول في عام 1973، ومنذ ذلك الوقت فقد استمرت خطابات مختلف الرؤساء والكونغرس الأمريكي في الدعوة إلى إنهاء اعتماد الولايات المتحدة على استيراد النفط من الخارج، لكن مع ذلك فقد أصبحت الولايات المتحدة أكثر اعتماداً على النفط الأجنبي مع عدم وجود نهاية في الأفق. على سبيل المثال فإنه في عام 1970 استوردت الولايات المتحدة ما يقرب من ثلث احتياجات النفط اليومية، وفي الوقت الحالي فإن كمية النفط المســـتورد تبلغ

ثلثي الاحتياجات اليومية، ويســتمر خطاب الكونجرس حول استقلال الطاقة لكن الاقتراحات الهادفــة حول كيفية معالجة هذه القضيــة لا تزال قليلة ومتباعدة، ويتغذى اقتصاد الولايات المتحدة على النفط وتستهلك البلاد نفطاً أكثر بكثير مما تستطيع إنتاجه.

وبعامة فإن مفهوم اســتقلال الطاقة بالنسبة للولايات المتحدة يتعارض مع اتجاه تدويــل التجارة، إذ تواصل حكومة الولايات المتحدة تقليل الحواجز التجارية من خلال سياسات من مثل اتفاقية التجارة الحرة لأمريكا الشمالية NAFTA وإلغــاء التعريفــات الجمركية، فضلاً عن اتفاقيــات التجارة الحرة الأخرى، ونتيجة لذلك فإن النسبة المئوية للاقتصاد الأمريكي التي تأتي من التجارة الدولية هي في ارتفاع مستمر.

إن زيادة التجارة العالمية مُفيدة اقتصادياً وسياســياً بقدر ما يفترض أنها تساعد في إقامة علاقات ودية بين البلدان، ومن خلال التبادل متبادل المنفعة فإن قدراً كبيراً من هــذه العلاقات المتبادلة المتزايــدة ومن الناحية النظرية ســيخلق فرصاً للعلاقات الشــخصية التي تجعل الحرب العسكرية أو أشكال العمل العسكري الأخرى أقل احتمالية. لكن مع ذلك فإن هناك أيضاً حالات معاكســة إذ تمتلك البلدان الوسائل التي تجعلها أكثر تدميراً إذا اختارت ذلك من خلال توسيع الفرص الاقتصادية، ولقد تم استخدام هذا النوع من الحجج فيما يتعلق بإيران.

كما أن الترابط الاقتصادي يجعل الاقتصاد المحلي أكثر عرضة للاضطرابات في المناطق البعيدة وغير المســتقرة من العالم من مثل الشرق الأوسط وأمريكا الجنوبية وأفريقيــا، وفي الواقع فإنه في العديد من البــلدان ذات الاحتياطيات المؤكدة بالإمــكان إيقاف إنتاج النفط، وذلك بســبب الحــروب والإضرابات والأحداث السياسية الأخرى، مما يقلل من تدفق النفط إلى السوق العالمية. فإذا حدثت هذه الأحداث بشكل متكرر أو في العديد من المواقع المختلفة، فقد تقيد جهود الاستكشــاف والإنتاج، مما يؤدي إلى حدوث ذروة نفطية على الرغم من وجود احتياطيات النفط المؤكدة، وباســتخدام مقياس للمخاطر السياسية التي

تقيم احتمالية وقوع أحداث من مثل الحروب الأهلية والانقلابات والإضرابات العمالية بدرجة كافية لخفــض معدل نمو الناتج المحلي الإجمالي للبلد على مدى السنوات الخمس المقبلة، وهناك أربع بلدان (إيران والعراق ونيجيريا وفنزويلا) تمتلك احتياطيات نفطية مؤكدة بما يقرب من ثلث احتياطيات النفط في جميع أنحاء العالم، وهي تواجه مســتويات عالية من المخاطر السياسية، وفي الواقع فإن البلدان ذات المستويات المتوســطة أو العالية من المخاطر السياسية تحتوي على 63% من احتياطيات النفط المؤكدة في جميع أنحاء العالم.

على ســبيل المثال، في الســنوات الماضية كانت النزاعات التي حدثت في فنزويلا التي تســببت في سحب الكثير من الايدي العاملة في القطاع النفطي الفنزويلي، قد أدت إلى تخفيضات في حجم النفط الخام المستورد من هذا البلد بما يقرب من 1,500,000 برميل يومياً، وبالمثل فإنه يمكن أن تؤدي النزاعات في نيجيريا بــين الجماعات العرقية إلى تعطيل كمية النفط الخام التي تبلغ نحو 570 ألف برميل يومياً مســتوردة من ذلك البــلد. ومن ثم فإنه في وقت قصير وبســبب أحداث خارجة عن سيطرتها فإن الولايات المتحدة يمكن أن تعاني من نقص نفطي في النفط المستورد يصل إلى مليوني برميل يومياً، مما يترك فجوة كبيرة في 18 مليون برميل يومياً يتم تكريرها حالياً في الولايات المتحدة.

فضــلاً عن ذلك كانت صناعة النفط نفســها هي عبــارة عن قصة من التقلبات الواسعة بين فترات فائض الإنتاج، وذلك عندما قاد انخفاض الأسعار والأربــاح منتجي النفط إلى ابتكار طرائق لتقييد الإنتاج ورفع الأســعار، أما الفترات الــتي بدت فيها إمدادات النفط على وشــك الإنهاك، فقد أدى ذلك إلى تحفــيز جهود البحث العالــمي عن إمدادات جديــدة. إن هذه الدورة قد تقترب الآن من نهايتها، ويبدو أن إمدادات النفط العالمية قد تصل بالفعل إلى حدودها الطبيعية، ومع توقع استمرار احتياطيات النفط العالمية المؤكدة لأقل من 40 عاماً، فإن عصر النفط الذي بدأ بالقرب من تيتوســفيل قد يقترب من نهايته، وفي الســنوات القادمة سيتحول البحث عن مصادر جديدة للنفط إلى بحث عن مصادر جديدة تماماً للطاقة.

تستمر عوامل المخاطر السياسية والاستثمارية في التأثير في التنقيب عن النفط وإنتاجه في المســتقبل، وفي نهاية المطاف ســتؤثر في توقيت ذروة إنتاج النفط، وتشــمل هذه العوامل الظروف السياسية المتغيرة ومناخ الاستثمار في العديد مــن البلدان التي لديها احتياطيات نفطية كبيرة مؤكدة التي تُعد مهمة في التأثير في التنقيب عن النفط وإنتاجه في المستقبل.

حــتى في الولايات المتحدة فإن الاعتبارات السياســية قــد تؤثر في معدل الاستكشاف والإنتاج، على ســبيل المثال فإن القيود المفروضة لحماية الأصول البيئية تعني أن البعض من النفط قد لا يتم إنتاجه، وفي هذا السياق تقدر دائرة إدارة المعادن بوزارة الداخلية الأمريكية أن ما يقرب من 76 مليار برميل من النفط موجود في حقول غير مكتشفة قبالة الساحل في الجرف القاري الخارجي للولايات المتحدة، وهو أمــر ضروري لتحقيق قدر من أمن الطاقة، ولكن مع ذلك فقد أصدر الكونجرس وقفاً اختيارياً للحفر والاستكشاف في هذه المنطقة لحماية السواحل من الانسكابات النفطية غير المقصودة. بالإضافة إلى ذلك فإنه يجب أن تأخذ السياسات المتعلقة باســتخدام الأراضي الفيدرالية في الاعتبار الاستخدامات المتعددة للأرض بما في ذلك حماية البيئة، وقد تؤثر القيود البيئية في ذروة إنتــاج النفط عن طريق منع التنقيب عن النفــط وإنتاجه في المناطق الحساســة بيئياً، وأنه يجب أن تتبنى الحكومة سياسات تضمن استقلال طاقتنا، إذ لم يعد الكونغرس الأمريكي قابلاً للتصديق عندما يلقي أعضاء الكونغرس باللوم على الحكومات أو الأحداث الأجنبية في حدوث أزمة وشيكة.

يحتاج الكونجرس إلى النظر إلى الشمال والدور الإيجابي الذي لعبته حكومة كندا في أوائل الستينات عندما تم اتخاذ القرار لتشجيع تطوير رمال قار ألبرتا، وإنتاج النفط الخام الاصطناعي بما لا يزيد عن مليون برميل يومياً - أقل من 6% من متطلبات الوقود السائل اليومية في الولايات المتحدة، ولكنها نسبة أعلى بكثير من متطلبات الوقود السائل الكندية اليومية، وفي الولايات المتحدة فإن المشكلة التي يجب مواجهتها لا تكمن في توافر احتياطيات النفط بقدر كبير، بل في السياسات النفطية التي يجب اتباعها.

تقــدم اقتصاديــات مخزونات النفط الخــام المفتاح لحل هــذا اللغز، إذ أن صافي تكلفة حمل المخزون يســاوي ســعر الفائدة، بالإضافة إلى تكلفة التخزين المادي مطروحاً منه عائد الراحة، وهو العائد الملائم مدفوع بالطلب الاحترازي للتخزيــن. عندما يكون العائد الملائم صفراً ، تكون الســوق في حال حمل كامل، وتتجاوز الأســعار المستقبلية الأســعار الفورية وتكون المخزونات وفيرة، وبــدلاً من ذلك فإنه عندما يكون الطلب الاحترازي على النفط مرتفعاً تكون الأســعار الفورية قوية وتتجاوز الأســعار المستقبلية، وتكون المخزونات منخفضة بشكل غير عادي.

يجب اســتخدام الاحتياطي الستراتيجي لمنح البلاد قدراً من الاستقلال في مجال الطاقة ولإحباط جهود الكارتل للسيطرة على النفط.

تعتمد البلدان المســتوردة المختلفة على البترول (Alhajji and Williams, 2003)، وفي الولايات المتحدة تُعتبر زيادة واردات البترول تهديداً للأمن القومي، ولكن هناك أيضاً اتجاه مفاده أن مستوى الواردات ليس له تأثير كبير في أمن الطاقة أو حتى الأمن القومي. لكن مع ذلك فإن المشكلة تصبح مشكلة عندما يزداد ضعف الواردات مع ارتفاع واردات البترول، وهو ما يحدث عندما تزيد البلدان المستهلكة للنفط من حصة واردات البترول من المناطق غير المستقرة سياسياً في العالم.

وبعامة فإن هنــاك أربعة مقاييس للاعتماد على البــترول (Alhajji and Williams، 2003):

1 - الواردات البترولية كنسبة مئوية من إجمالي استهلاك البترول.

2 - عدد الأيام التي يغطي فيها إجمالي مخزون البترول الواردات البترولية.

3 - عدد أيام إجمالي المخزونات التي تغطي الاستهلاك.

4 - نسبة البترول في إجمالي استهلاك الطاقة.

زاد الاعتمــاد على النفط الأجنبي في الولايات المتحدة بشــكل مطرد منذ عام 1986 ووصل إلى مســتويات قياسية في العقدين الماضيين - إذ زادت درجة

الاعتماد على الواردات كنســبة مئوية من الاســتهلاك من نحو 50% في أوائل الثمانينات وحتى منتصف الثمانينات إلى 60% في أوائل التســعينات، وذلك بســبب النمو الاقتصادي المرتفع وانخفاض أســعار النفط على جانب الطلب وتراجع الإنتاج الأمريكي على جانب العرض. حالياً يتم استيراد 70-٪65% من النفط ومنتجات النفط اليومية إلى الولايات المتحدة، ولقد كان هناك عدد من التقلبات الطفيفة ولكن التغييرات في كمية النفط المستورد إلى الولايات المتحــدة عادة ما تكون مرتبطة بالتغــيرات في الاقتصاد الأمريكي وإنتاج النفط الأمريكي.

إن الولايات المتحدة هي الدولة الوحيدة المستوردة للنفط التي لديها إنتاج كبير، وهي أيضاً مســتورد صافٍ للنفط، كما أنها فريدة من نوعها من حيث أنها من بين المســتوردين الصافــين التي لديها أقل اعتمــاد من حيث صافي الواردات كنســبة مئوية من الاســتهلاك، ولكنها تتمتع أيضاً بأعلى مستوى مُطلق للواردات، وأن المصالح والالتزامات الجيوسياسية والاقتصادية ترفع من مستوى قلق صانعي السياسة الأمريكية بشأن الاعتماد على النفط المستورد.

بالإضافــة إلى ذلك فقد كانت مخزونات النفــط التجارية في الولايات المتحدة عند أدنى مســتوى لها منذ عقود ثلاثة، وأن إجمالي مخزونات البترول التي تشــمل البضائع التجارية والمخزونات في الاحتياطي البترولي الستراتيجي هي منخفضة نسبياً من حيث التغطية اليومية، وأن المخزونات التجارية الحالية هي قريبة من المســتوى الذي يمكن أن يحدث عنده نقص فوري. شهد العقد الماضي ســيناريوهات يكون فيها الانخفاض في المخزونات التجارية أكبر من الزيادة في الاحتياطي البترولي الستراتيجي وقدرة الاحتياطي البترولي الستراتيجي والمخزون التجاري للتعامل مع الأزمة أقل مما كان عليه قبل بدء برنامج إعادة التعبئــة (Williams and Alhajji, 2003). فضلاً عن ذلك فإن الإفراج المبكر عن النفط من الاحتياطي البترولي الستراتيجي يمكن أن يعرض الأمن القومي للخطر، وذلك في حال استمرار المشــاكل السياسية في البلدان المنتجة للنفط، ويضعف من قدرة الولايات المتحدة على الاستجابة لنقص حقيقي.

على الرغم من أن البعض من البلدان المستوردة للنفط قد أحرزت تقدماً في تقليل اعتمادها على النفط، إلا أن اعتماد الولايات المتحدة على البترول كان قد زاد في السنوات الأخيرة من 38% من إجمالي استهلاك الطاقة في عام 1995 إلى ما يقرب من 40% في الوقت الحالي. يشير هذا الأمر إلى مجالين محتملين للقلق فيما يتعلق بمدى تأثير البترول في أمن الطاقة هما : زيادة حصة البترول في استخدام الطاقة، وعدم قدرة الولايات المتحدة أو عدم رغبتها في تقليل الاعتماد على النفط.

يمكن القول إن درجة الاعتماد ليس لها أي تأثير في أمن الطاقة طالما يتم استيراد النفط الأجنبي من مصادر آمنة، لكن مع ذلك فإنه إذا زادت درجة الاعتماد على المصادر غير الآمنة فسيكون أمن الطاقة في خطر، وفي هذه الحالة سيزداد الضعف ويتعرض الأمن الاقتصادي والوطني للبلدان المستوردة للنفط للخطر.

يمكن لمورِّد رئيسي واحد أو أكثر استخدام النسبة المئوية للواردات من أكبر خمسة موردين كمقياس لضعف العرض بسبب الانقطاع، ويعد هذا مقياساً مهماً لمدى ضعف الولايات المتحدة أمام انقطاع الإمدادات لأنه يُظهر المستوى العالي لتركيز الواردات من خلال الاستيراد من عدد قليل من الموردين. إن أكبر خمسة موردين للبلدان المستوردة للنفط هم المملكة العربية السعودية والاتحاد السوفيتي السابق والنرويج وفنزويلا والمكسيك. إن للولايات المتحدة ترتيب فريد بالإضافة إلى موقعها مع كندا والمكسيك، لكن الاستقرار السياسي للمملكة العربية السعودية مفتوح دائماً للنقاش والتساؤل، وبالإضافة إلى ذلك فإن المشاكل في فنزويلا تؤكد على تعرض الولايات المتحدة للانقطاع من مورد رئيس، إذ تعاني فنزويلا من مشاكل حادة وإمكانية انقطاع إمدادات النفط موجودة دائماً، أما النفط الخام العراقي فهو خارج السوق لسنوات عدة (عرض النفط من جديد فحسب) وقد أثر الصراع في نيجيريا بشكل كبير في إنتاج النفط.

هناك مقياس مهم آخر للضعف هو حصة النفط الخام العالمي القادم من منطقة الخليج، إذ يُنظر إلى منطقة الخليج تاريخياً على أنها منطقة غير مستقرة سياســياً، فقد أدت الحوادث في المنطقة إلى أزمات الطاقة الثلاث في عام 1973 و 1979 وحــربي الخليــج الأخيرة. في حين أن حصة أقل من النفط المســتورد من المنتجين الخليجيين تعني ضعفــاً أقل، إلا أنها قد تزيد من ضعف الشراء عنــد الاعتماد على مصادر أخرى من مثل فنزويلا، وبغض النظر عن المقياس المستخدم لتقييم الاعتماد على الطاقة فإن الولايات المتحدة تظل عرضة لأزمة طاقة بسبب الاعتماد الكبير على النفط المســتورد، ولم تقم الولايات المتحدة بتخفيض كبــير في الاعتماد على الــواردات منذ منتصــف الثمانينات فقد استمرت في استيراد ما يقرب من 70% من إجمالي استهلاكها للنفط.

تعكس حصة البترول في إجمالي إمــدادات الطاقة أيضاً اعتماد الولايات المتحدة على البترول، وفي الســنوات الأخيرة زادت هــذه الحصة في الولايات المتحدة، ولهذا السبب فإن الولايات المتحدة معرضة بشدة لانقطاع إمدادات النفط، وفي الواقع فإن احتمال حدوث أزمة طاقة في المستقبل المنظور أكبر مما كان عليه الأمر في الســنوات السابقة. فضلاً عن ذلك فإن استخدام احتياطي البترول الســتراتيجي، أو المخزونات التي تسيطر عليها الحكومة لتقليل تأثير أزمة الطاقة هــو أمر خاضع للنقــاش، وفي الواقع فإن الإفــراج المبكر عن مخزونات النفط من الاحتياطي البترولي الســتراتيجي قد يؤدي إلى تفاقم أزمة الطاقــة وذلك لأنه يســتنفد المخزونات بينما لا يزال النقــص موجوداً، لأنه يمكن أن يؤدي إلى اســتقرار الأســعار أو حتى انخفاضها وزيادة الاستهلاك (Alhajji and Williams, 2003).

يمكن تقليل التبعية والضعف تجاه واردات النفط في الولايات المتحدة، وفي البلدان الأخرى المســتوردة للنفط وذلك من خلال تنويع المُوَرِدين وتنويع مصــادر الطاقة، وبالإضافة إلى ذلك فإن تنويع الموردين لديه القدرة على تقليل التأثير النســبي لاضطراب العرض في معظم البلدان. يؤكد عدم الاســتقرار السياسي الذي يتأرجح ذهاباً وإياباً في بلدان من مثل فنزويلا ونيجيريا والعراق

على الحاجة إلى تنويـــع الموردين، ومن ثم إزالة الاعتمـــاد على عدد صغير من البلدان المنتجة للنفط.

6-9: أمن الطاقة

إن أمن الطاقة هو التوافر المســتمر وغير المنقطع للطاقة لدولة أو منطقة معينة، ويلعب أمن إمدادات الطاقة دوراً حاسماً في القرارات المتعلقة بصياغة ستراتيجيات سياسة الطاقة، وتعتمد اقتصادات العديد من البلدان على واردات الطاقة في مفهــوم أن ميزان مدفوعاتها يتأثر بحجــم الضعف الذي تعاني منه البلدان في النفط الخام.

تفترض نظرية هوبرت عن ذروة النفط (الفصل 8) أن احتياطيات النفط لن يتم تجديدها (أي أن التجديد غير الحيوي المنشأ لا يكاد يذكر) وتتنبأ بأن إنتاج النفط العالمي في المستقبل يجب أن يصل حتماً إلى الذروة ثم ينخفض مع استنفاد هذه الاحتياطيات، ويحيط الجدل بالنظرية لأن التنبؤات الخاصة بوقت الذروة العالمية تعتمد على بيانات الإنتاج والاكتشـــاف السابقة المستخدمة في الحساب.

بالنســـبة للولايات المتحدة فقد تبين أن التنبـــؤ كان صحيحاً، فبعد أن بلغـــت الولايات المتحدة ذروتها في عام 1971 ومن ثم فقدت قدرتها الإنتاجية الفائضـــة، فقد تمكنت أوبك من التلاعب بأســـعار النفط، ومنذ ذلك الحين كان قد بلغ إنتاج النفط في العديد من البلدان الأخرى ذروته. لكن مع ذلك ولأســـباب متنوعة فإنه من الصعب التنبؤ بذروة النفط في أي منطقة معينة، واســـتناداً إلى بيانات الإنتاج المتاحة فقد توقع المؤيدون ســـابقاً وبشكل غير صحيـــح أن تكون الذروة للعالم في الأعـــوام 1989 و 1995 ، أو في الفترة من 1995 إلى 2000، في حين اختارت تنبؤات أخرى عام 2007 وما بعده بالنســـبة إلى ذروة إنتاج النفط.

ولكـــن الأهم من ذلك هو أن العديد من الاتجاهات التي كان يجب أن تنشأ في أعقاب انخفاض أسعار النفط الخام لم يتم وضعها موضع التنفيذ، فعلى ســـبيل المثال والأهم من ذلك هو فشل السياسيين في إدراك الحاجة إلى مقياس

لاستقلال الطاقة من خلال تطوير موارد بديلة، وكذلك تطوير التقنيات التي من شأنها أن تساعد في تعظيم استخلاص النفط.

إن حقيقـــة أن البلدان المنتجة للنفط في الشرق الأوســـط توافر أكثر من 50% من حاجة الاســـتهلاك العالمي (El-Genk, 2008) هي تشير إلى انخفاض تنويع مصادر الطاقـــة والمخاطر المصاحبة على الإمداد الســـلس للطاقة، ولا يمكن أن يوافر التنويع الذي تقدمه الإمدادات البديلة من روســـيا وإفريقيا حلاً ســـليماً لاضطراب الإمدادات الذي قد يحدث في منطقة الشرق الأوسط. إن نظرة عامة على ســـوق النفط والمخاطر والحوادث ذات الصلة تشير بوضوح إلى أن المخاطر المرتبطة بإمدادات الطاقة كثيرة، ولربما تم اســـتبدال الحروب والنزاعات الأهلية إلى حد ما بظروف الطقس والممارسات الاحتكارية، لكنها لا تزال تلعب دوراً حاســـماً في إمدادات الطاقة (Doukas et ah, 2008)، لذلك فإن الاعتماد الكبـــير الذي تتمتع به معظم البـــلدان في واردات الطاقة جعل صانعي السياســـات يركزون على مفهوم أمن إمدادات الطاقة، وفي هذا السياق فإن هناك حاجة لتقييم نظام الطاقة الحالي ومخاطر اضطرابات الطاقة من أجل تصميم واعتماد السياسات المطلوبة بشكل أفضل.

إن عدم اليقين بشـــأن الطلب المستقبلي على النفط الذي سيؤثر في سرعة استخدام النفط المتبقي، يساهم في عدم اليقين بشأن توقيت ذروة إنتاج النفط، ومن المحتمل جداً أن يظل النفط الخام مصدراً رئيساً للطاقة في المستقبل، وقد ينمو الاستهلاك العالمي للمنتجات البترولية خلال العقود الأربعة القادمة.

ســـيعتمد الطلب العالمي المســـتقبلي على النفط على عوامل غير مؤكدة من مثل النمو الاقتصادي العالمي وسياســـة الحكومة المســـتقبلية وخيارات المستهلكين، وقد تشجع المخاوف البيئية بشأن انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون من البنزين، وهو أحد غازات الدفيئة على التخفيضات المســـتقبلية في الطلب على النفط إذا تمت ترجمة هذه المخاوف إلى سياسات تعزز الوقود الحيوي.

يمكن أن تؤثر اختيارات المســـتهلك حـــول الحفظ أيضاً في الطلب على النفط ومن ثم تؤثر في توقيت الذروة، فعلى ســـبيل المثال إذا كان المستهلكون

في الولايات المتحدة سيشترون سيارات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود بأعداد أكـبر، فقد يؤدي ذلـك إلى تقليل الطلب المسـتقبلي على النفط في الولايات المتحدة، مما قد يؤخـر وقتاً يتعذر فيه على إمدادات النفط مواكبة الطلب على النفط. إن من مثل هذه الشـكوك التي تؤدي إلى تغيرات في الطلب المستقبلي على النفط تجعل تقديـرات توقيت الذروة غير مؤكـدة في النهاية، وعلى وجه التحديد فإنه باسـتخدام الزيادات السنوية المسـتقبلية في استهلاك النفط العالمي التي تتراوح من 0% لتمثل عدم زيادة إلى 3%، لتمثل زيادة كبيرة، ومن بين السيناريوهات المختلفة التي تم فحصها قد يصل الأمر إلى 75 عاماً عندما تكون الذروة ربما قد تحدث.

إن العوامـل التي تؤثر في التنقيب عن النفـط وإنتاجه تخلق أيضاً حالة من عدم اليقين بشـأن معدل انخفاض الإنتـاج وتوقيت الذروة، ويعد معدل الانخفاض بعد الذروة أحد الاعتبارات المهمة لأن الانحدار الذي يكون أكثر حدة من المرجح أن يكون له عواقب اقتصادية سلبية أكثر من التراجع الأقل حدة.

يمكن أن تساعد إجراءات المستهلك في التخفيف من عواقب الوصول إلى الذروة على المدى القريب والانخفاض في إنتاج النفط من خلال سلوكيات تقليل الطلب من مثل استخدام السـيارات والعمل عن بعد وتدابير القيادة الصديقة للبيئة المتمثلة في النفخ المناسب للإطارات وسرعات القيادة البطيئة. تـأتي وفورات الطاقة هذه بتكلفة معينة من الراحة والإنتاجية، ولقد تم إجراء بحث محدود لتقدير التوفير المحتمل للوقود المرتبط بمن مثل هذه الجهود، لكن مع ذلك فإن تقديرات وزارة الطاقة الأمريكية تشـير إلى أن العمل عن بعد يمكن أن يقلل من إجمالي اسـتهلاك الوقود بنسبة 1% إلى 4%، وذلك اعتماداً على ما إذا كان العمل عن بعد يتم لمدة يومين في الأسـبوع أو لمدة خمسة أيام في الأسبوع على التوالي.

فإذا حدثت الذروة في المسـتقبل البعيد أو كان الانخفاض الذي يلي الذروة أقل حدة، فإن التقنيات البديلة لديها إمكانيـة أكبر للتخفيف من العواقب،

وتتوقع وزارة الطاقة الأمريكية أن التقنيات البديلة لديها القدرة على إزاحة ما يصل إلى ما يعادل 34% من الاســـتهلاك الأمريكي الســـنوي للمنتجات البتروليـــة في الإطار الزمني من عام 2025 حتى عام 2030. لكن مع ذلك فإن وزارة الطاقـــة الأمريكية تعتبر أن هذه التوقعـــات متفائلة أيضاً، وذلك لأن الافـــتراض هو أن الوقـــت والجهد الكافيين مخصصان لتطويـــر هذه التقنيات للتغلب على التحديات التي تواجهها.

تفترض وزارة الطاقة الأمريكية وبشكل أكثر تحديداً أن ارتفاع أسعار النفط فوق 50 دولار للبرميل سيكون كقوة دافعة، إذ سيعتمد مستوى الجهد المكرس للتغلب على تحديات التقنيات البديلة جزئياً على سعر النفط، ذلك أن ارتفاع أسعار النفط ســـيخلق حوافز لتطوير البدائل، كما تعزز أسعار النفط المرتفعة اهتمام المســـتهلكين بالبدائل التي تستهلك كميات أقل من النفط، وعلى سبيل المثال عمليات الشراء الجديدة للشاحنات الخفيفة وسيارات الدفع الرباعي.

تطرح احتمالية بلوغ ذروة إنتاج النفط مشاكل ذات أبعاد عالمية ستعتمد نتائجها بشكل حاســـم على استعداداتنا، وســـتكون العواقب وخيمة للغاية إذا حدثت ذروة في وقت قريب ومن دون ســـابق إنـــذار، وتبعها انخفاض حاد في إنتـــاج النفط لأن مصادر الطاقة البديلة وبخاصة للنقل هي ليســـت متوافرة بعد بكميات كبيرة. تتطلب من مثل هذه الذروة تخفيضات حادة في استهلاك النفط، وأن المنافسة على الطاقة النادرة بشكل متزايد من شأنها أن ترفع الأسعار ربما إلى مستويات غير مســـبوقة، مما يتسبب في أضرار اقتصادية شديدة، وفي حين أن هذه العواقب يمكن الشعور بها على المستوى العالمي، فإن الولايات المتحدة وباعتبارها أكبر مستهلك للنفط وواحدة من أكثر البلدان اعتماداً على النفط في النقل، ستكون معرضة للخطر بخاصة.

كان موضـــوع أمن الطاقة لســـنوات عديدة يمثل مصـــدر قلق كبير بين صانعي سياســـة الطاقة، وأن الآثار المدمرة قصيرة وطويلة المدى لأزمة النفط في عام 1973 في الاقتصـــاد العالمي منذ ذلك الحين أوضحت الحاجة إلى ضمان

توافر إمدادات موارد الطاقة بطريقة مستدامة وفي الوقت المناسب مع وصول سعر الطاقة إلى مستوى لن يؤثر سلباً في الأداء الاقتصادي، إذ تعد القارة الأوروبية ذات أهمية قصوى (Asia Pacific Research Centre 2007). إن استمرار زعزعة الاستقرار في الشرق الأوسط والمخاوف المتزايدة بشأن المزيد من التدخل العسكري في هذه المنطقة الجيوسياسية الهشة والكوارث البيئية وظهور العمليات الإرهابية المنظمة في جميع أنحاء العالم، والمخاطر السياسية والإصلاحات القانونية أدى إلى زيادة عميقة في احتمالية حدوث اضطرابات محتملة في الطاقة التي من شأنها أن تؤدي إلى حدوث آثار ضارة وذلك بالنظر إلى اعتماد أوروبا على موردي الطاقة الخارجيين.

أدت شعبية مفهوم علاوة مخاطر الطاقة إلى صياغة مجموعة واسعة من المعرفة تشمل وفرة من نماذج المشتقات، وفيها يتمتع المتداولون بالقدرة على التحوط ضد مختلف المخاطر وإنشاء محافظ محايدة للمخاطر، وذلك باستخدام مزيج متنوع من الأوراق المالية المشتقة من الطاقة. لكن مع ذلك فإنه حتى الآن لم يتم استخدام مفهوم علاوة المخاطرة في مجال الطاقة لتحديد مؤشر أمن الطاقة، وأن السبب الرئيس في ذلك هو أن التقنيات الحالية المستخدمة في مجال الطاقة لا تتضمن النماذج الاحتمالية الضرورية التي تعكس معايير المخاطر المرتبطة بأحداث كارثية نادرة تسبب حركات معاكسة على السعر الرياضي للأداة الأساسية.

إن الحدث الكارثي بعامة هو حدث له خسائر فادحة أو إصابات أو أضرار في الممتلكات، وهو يؤثر في عدد كبير من حالات التعرض وهو ينتج عن الأحداث الطبيعية أو المصنوعة يدوياً (Fisher and Kist 2001). تشمل أمثلة الأحداث الكارثية على الكوارث الطبيعية من مثل الأعاصير والزلازل والفيضانات والهجمات الإرهابية، وعلى مدى السنوات العشرين الماضية حدثت كوارث طبيعية بكثافة متزايدة.

إن الأحداث الكارثية في سياق الطاقة لها معنى مختلف قليلاً، إذ يمكن أن تكون أحداثاً ذات تكرار منخفض للحدوث تؤدي إلى ارتفاع السعر

الفوري لسلعة الطاقة، وعادة لا يكون لارتفاع السعر بسبب الحدث الكارثي تأثير دائم ويميل الســعر الفوري إلى العودة إلى قيمته الأولية أو بالقرب منها، وذلــك لمواجهة من مثل هذه الأحداث، وســيكون من الضروري للبلدان غير المنتجة للنفط أن تبدأ في تطوير مصادر الطاقة من غير النفط.

بمجرد تحديد جميــع مؤشرات المخاطــر المرتبطة بالأحــداث الكارثية وتقديرها بشــكل صحيح من حيث تواتر حدوثها وتأثيرها في الســعر الفوري الأساسي، فإنه يمكن عندئذٍ حساب القسط المعني وفقاً للافتراضات الشائعة لتسعير المشتقات.

على المدى الطويل هناك العديد من البدائل الممكنة لاســتخدام النفط، بما في ذلك استخدام الوقود الحيوي وتحسين كفاءة وقود السيارات، لكن هذه البدائل ستتطلب اســتثمارات كبيرة، وفي بعض الحالات ستتطلب تغييرات كبيرة في البنية التحتية أو التقدم التكنولوجي. وفي الماضي كان القطاع الخاص قد استجاب لارتفاع أسعار النفط من خلال الاستثمار في البدائل، وهو يفعل ذلك الآن، لكن مع ذلك فإنه يتم تحديد الاســتثمار إلى حد كبير من خلال توقعات الأسعار، لذلك ما لم تســتمر أسعار النفط المرتفعة فإنه لا يمكننا أن نتوقع استمرار الاســتثمار الخاص في البدائل عند المستويات الحالية، فإذا إذا كان من المتوقع حدوث ذروة فإن أســعار النفط ســترتفع، مما يشير إلى زيادة الجهود المبذولة لتطوير بدائل ومستهلكين للطاقة للحفاظ على منتجات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة والبحث عنها.

أخــيراً فإنــه مع بداية القرن الحــادي والعشرين كانــت التكنولوجيا البترولية مدفوعة بزيــادة المعروض من النفوط الثقيلــة مع انخفاض الجودة والزيــادات السريعة في الطلب على وقود المركبــات النظيف والنظيف للغاية والمــواد الخام البتروكيماويــة، ومع تغير المواد الأوليــة للمصافي فإنه يجب أن يكــون هناك تغيير مصاحب في تكنولوجيا المصفاة. وهذا يعني الانتقال من الوســائل التقليدية لتكرير المواد الأولية الثقيلة التي تســتخدم عادةً تقنيات فحم الكوك، إلى عمليات أكثر ابتكاراً بما في ذلك إدارة الهيدروجين التي ستنتج

الكميات النهائية من الوقود السـائل من المواد الأولية وتحافظ على الانبعاثات ضمن الامتثـال البيـئي(Penning, 2001; Lerner, 2002; Davis and Patel, 2004; Speight, 2008; Speight, 2011).

لمواجهة التحديات من التغيير المعاد هيكلته على مر السنين من الاتجاهات الخام البسـيطة في قائمة المنتجات وعمليات التقطير الصارمة إلى المواصفات المتزايـدة التي تفرضها العمليات الكيميائيـة البيئية المعقدة التي تنطوي على تشريعات، فإن صناعة التكرير في التحـول القريب للنفط الخام إلى مجموعة متنوعة من المسـتقبل تصبح منتجات مرنة ومكررة بشكل متزايد بمواصفات تتوافق مع مخططات المعالجة الجديدة ومتطلبات المستخدمين.

سـيكون مستقبل تطور تكرير البترول وتخطيط المصفاة الحالي خلال العشرين إلى الثلاثين عاماً القادمة قائم بشـكل أساس على تعديل العملية مع البعض من الابتكارات الجديدة التي ستدخل حيز التنفيذ، وستنتقل الصناعة بشكل متوقع إلى التحويل العميق للمواد الأولية الثقيلة، وزيادة قدرة التكسير الهيدروجيني والمعالجة بالهيدروجين والعمليات الأكثر كفاءة.

ستنتقل المصافي عالية التحويل إلى تغويز المواد الأولية لتطوير أنواع الوقود البديلة وتعزيز اسـتخدام المعدات، وسـيكون الاتجاه الرئيس في طلب سوق صناعة التكرير على المنتجات المكررة هـو توليف الوقود من المواد المتفاعلة الأساسية البسيطة (من مثل الغاز الاصطناعي) عندما يصبح إنتاج وقود النقل فائق النقاء من خلال عمليات التكرير التقليدية أمراً غير اقتصادي، وسيتم دمج أنظمة Fischer-Tropsch جنباً إلى جنب مع أنظمة IGCC مع ، أو حتى في مصافي التكرير التي ستوافر ميزة المنتجات عالية الجودة.

باختصار، فإن صناعة البترول هي بالفعل على وشـك فترة قرارات رئيسة مـع بداية معالجة كميـات كبيرة من النفط الخام الثقيـل والمخلفات، ولقد جعلت العديد من الاختراقات التكنولوجية هذا الأمر ممكناً، ولكن لا تزال هناك العديد من التحديات التقنية ويتـم مواجهة بعضها، بما في ذلك إنتاج الوقود المُشـتق من مصادر أخرى غير البترول (Speight, 2008; Heygaard Michaelsen et al, 2009; Luce, 2009; Spewight, 2011).

9-7: References

- Anderson, L.L., and Tillman, D.A. 1979. Synthetic Fuels from Coal: Overview and Assessment. John Wiley and Sons Inc., New York.

- Andrews, A. 2006. Oil Shale: History, Incentives, and Policy. Specialist, Industrial Engineering and Infrastructure Policy Resources, Science, and Industry Division. Congressional Research Service, the Library of Congress, Washington, DC.

- Annual Energy Outlook. 2008. Annual Energy Outlook 2008 with Projections to 2030. Report No. DOE/EIA-0383(2008). Energy Information Administration, Department of Energy, Washington, DC. June.

- Argonne. 1990. Environmental Consequences of, and Control Processes for, Energy Technologies. Argonne National Laboratory. Pollution Technology Review No. 181. Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey. Chapter 6.

- ASTM. 2008. Annual Book of Standards. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.

- Attanasi, E.D. 1999. Economics of Undiscovered Oil in the 1002 Area of the Arctic National Wildlife Refuge. In The Oil and gas resource Potential 1002 Area of the Arctic National Wildlife Refuge. Open File Report 98-34. United States Geological Survey, Reston Virginia.

- Bala, B. K. 2005. Studies on Biodiesel from the Transformation of Vegetable Oils. Energy Education Sei. Technol. 15:1-45.

- Baldwin, R.M. 2002. Oil Shale: A Brief Technical Overview. Colorado School of Mines, Golden, Colorado. July.

- Bartis, J.T., LaTourrette, T., and Dixon, L. 2005. Oil Shale Development in the United States: Prospects and Policy Issues. Prepared for the National Energy Technology of the United States Department of Energy. Rand Corporation, Santa Monica, California.

- Batchelder, H.R. 1962. In Advances in Petroleum Chemistry and Refining.J.J. McKetta Jr. (Editor). Interscience Publishers Inc., New York.Volume V. Chapter 1.

- Bockey, D. 2006. Potentials for Raw Materials for the Production of Biodiesel: An Analysis. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V, Berlin Ciaire-Waldoff-Strasse 7,10117 Berlin.

- Bourne, J.K. 2007. Biofuels: Boon or Boondoggle. National Geographie Magazine. 212(4): 38-59.

- Brown, R.C. 2003. Biorenewable Resources: Engineering New Products from

Agriculture. Iowa State Press, Arnes, Iowa.

- Berthelot, M. 1869. Bull. Soc. Chim. France. 11: 278.
- BP. 2010. Statistical Review of World Energy 2007. British Petroleum Company Ltd., London, England. June.
- Campbell, C.J., and Laherrère, J.H. 1998. The End of Cheap Oil. Scientific American, March.
- Crocker, M., and Crofcheck, C. 2006. Reducing national dependence on imported oil. Energeia Vol. 17, No. 6. Center for Applied Energy Research, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.
- Davis, R.A., and Patel, N.M. 2004. Refinery Hydrogen Management. Petorleum Technology Quarterly, Spring: 29-35.
- Davis, G.W. 2006. Using E85 in Vehicles. In Alcoholic Fuels. S. Minteer (Editor). CRC-Taylor & Francis, Boca Raton, Florida. Chapter 8.
- Demirbas,, A. 2005. Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass. Energy Sources. 27: 327-337.
- DOE 2004a. Strategic Significance of America's Oil Shale Reserves, I. Assessment of Strategic Issues, March, **http://www.fe.doe.gov/** programs/ reserves / publications
- DOE 2004b. Strategic Significance of America's Oil Shale Reserves, II. Oil Shale Resources, Technology, and Economics; March. **http://www.fe.doe.gov** / programs / reserves / publications
- DOE 2004c. America's Oil Shale: A Roadmap for Federal Decision Making; United States Department of Energy, Office of US Naval Petroleum and Oil Shale Reserves, **http://www.fe.doe.gov/ programs /reserves**/publications
- Freeman, S.D. 2007. Winning Our Energy Independence: An Insider Show How. Gibbs Smith, Salt Lake City, Utah.
- Gordon, 2007. Crude Oil: Uncertainty about Future Oil Supply Makes It Important to Develop a Strategy for Addressing a Peak and Decline in Oil Production. Report No. GAO-07-283. Report to Congressional Requesters. General Accountability Office, Washington, DC. February.
- Gorin, E. 1981. In Chemistry of Coal Utilization. Second Supplementary Volume. M.A. Elliott (Editor). John Wiley & Sons Inc., New York. Chapter 27.
- Hoygaard Michaelsen, N., Egeberg, R., and Nyström, S. 2009. Consider New Technology to Produce Renewable Diesel. Hydrocarbon Processing, 88(2): 41-44.

- Karanikas; J.M., de Rouffignac, E.P., Vinegar; H.J. (Houston, TX), and Wellington, S. 2005. In Situ Thermal Processing of An Oil Shale Formation While Inhibiting Coking. United States Patent 6,877,555, April 12.

- Knothe, G., Krahl, *].,* and Van Gerpen, J. 2005. The Biodiesel Handbook. AOCS Press, Champaign, Illinois.

- Lee, S., Speight, J.G., and Loyalka, S. 2007. Handbook of Alternative Fuel Technologies. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida. 2007.

- Lerner, B. 2002. The Future of Refining. Hydrocarbon Engineering. September.

- Luce, G.W. 2009. Renewable Energy Solutions for and Enegy hungry World. Hydrocarbon Processing, 88(2): 19-22.

- Lucia, L.A., Argyropoulos, D.S., Adamopoulos, L. and Gaspar, A.R. 2006. Chemicals and energy from biomass. *Can.]. Chetn.* 84:960-970.

- McNeil Technologies Inc. 2005. Colorado Agriculture IOF: Technology Assessments Liquid Fuels. Prepared Under State of Colorado Purchase Order # 01-336. Governor’s Office of Energy Conservation and Management, Denver, Colorado .

Minteer, S. 2006. Alcoholic Fuels: An Overview. In Alcoholic Fuels. - S. Minteer (Editor). CRC-Taylor & Francis, Boca Raton, Florida. Chapter 1.

- Narayan, R. 2007. Rationale, Drivers, Standards, and Technology for Biobased Materials. In Renewable Resources and Renewable energy: A Global Challenge. M. Graziana and P. Fornaserio (Editors). CRC Press-Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida. Chapter 1.

- Nersesian, R.L. 2007. Energy for the 21s’ Century: A Comprehensive Guide to Conventional and Alternative Fuel Sources. M.S. Sharpe Publishers, Armonk, New York.

- Penning, R.T. 2001. Petroleum Refining: ALook at The Future. Hydrocarbon Processing, 80(2): 45-46.

- Pimentel, D., and Pimentel, M. 2006. Global Environmental Resources

Versus World Population Growth. Ecological Economics. 59:195-198.

- Scouten, C. 1990. In Fuel Science and Technology Handbook. J.G. Speight (Editor). Marcel Dekker Inc., New York.

- Smith, I.M. 2006. Management of FGD Residues. Center for Applied

Energy Research, University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

- Speight, J.G. 1990. In Fuel Science and Technology Handbook. J.G. Speight (Editor). Marcel Dekker Inc., New York. Chapter 33.

- Speight, J.G. 1994. The Chemistry and Technology of Coal. 2nd Edition. Marcel Dekker inc., New York.

- Speight, J.G. 2007. The Chemistry and Technology of Petroleum. 4th Edition. CRC-Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida.

- Speight, J.G. 2008. Handbook of Synthetic Fuels Handbook: Properties,

Processes, and Performance. McGraw-Hill, New York.

- Speight, J.G. 2009. Enhanced Recovery Methods for Heavy Oil and Tar

Sands, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

- Speight, J.G. 2011. The Refinery of the Future, Gulf Professional Publishing, Elsevier, Oxford, United Kingdom.

- Steinhubl, A., Wilczynski, H., Pettit, J., and Click, C. 2009. Unconventional resources to Keep Pivotal Supply Role. Oil & Gas Journal. 107(4): 18-20.

- Stranges, A.N. 1983. J. Chem. Educ. 60: 617.

- Stranges, A.N. 1987. Fuel Processing Technology. 16: 205.

- Tsai, W.T., Lee, M.K., and Chang, Y.M. 2007. Fast Pyrolysis of Rice hAHusk: Product Yields and Compositions. Bioresource Technology 98:22-28.

- Whitehurst, D.D., Mitchell, TO., and Farcasiu, M. 1980. Coal Liquefaction:The Chemistry and Technology of Thermal Processes. Academic Press Inc., New York.

- Worldwatch Institute. 2006. Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture. Prepared by the World watch Institute for the German ministry of Food, Agriculture, and Consumer Protection (BMELV) in Coordination with the German Agency for Technical Cooperation (GTZ) and the German Agency of Renewable Resources (FNR). Earthscan, London, UK.

- Wright, L., Boundy, R, Perlack, R., Davis, S., and Saulsbury. B. 2006. Biomass Energy Data Book: Edition 1. Office of Planning, Budget and Analysis, Energy Efficiency and Renewable Energy, United States Department of Energy. Contract No. DE-AC05-00OR22725. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

معاملات التحويل

1 acre = 43,560 sq ft

1 acre foot = 7758.0 barrels

1 atmosphere = 760 mm Hg = 14.696 psia = 29.91 in. Hg

1 atmosphere - 1.0133 bars = 33.899 ft. H2 0

1 barrel (oil) = 42 gal = 5.6146 *cu* ft

1 barrel (water) = 350 lb at 60°F

1 barrel per day = 1.84 cu cm per second

1 Btu = 778.26 ft-lb

1 centi poise x 2.42 = lb mass/(ft) (hr), viscosity

1 centipoise x 0.000672 = lb mass/(ft) (sec), viscosity

1 cubic foot = 28,317 cu cm = 7.4805 gal

Density of water at 60°F = 0.999 gram/cu cm = 62.367 Ib/cu ft= 8.337 lb/gal

1 gallon = 231 cu in. = 3,785.4 cu cm = 0.13368 cu ft

1 horsepower-hour - 0.7457 kwhr = 2544.5 Btu

1 horsepower = 550 ft-lb/sec = 745.7 watts

1 inch = 2.54 cm

1 meter = 100 cm = 1,000 mm = 10 microns = 10 angstroms (A)

1 ounce = 28.35 grams

1 pound = 453.59 grams = 7,000 grains

1 square mile = 640 acres

قائمة المصطلحات

البيانات الزلزالية ثلاثية الأبعاد 3 D seismic: هي البيانات الزلزالية التي يتم الحصول عليها ومعالجتها لإنتاج صورة ثلاثية الأبعاد تحت سطح الأرض.

A

تكاليف التخلي Abandonment costs: هي التكاليف المرتبطة بالتخلي عن بئر أو منشأة إنتاج، ويتم تحديد هذه التكاليف في سلطة الإنفاق وهي عادة ما تغطي إغلاق الآبار، وإزالة معدات الآبار وخزانات الإنتاج والمنشآت المرتبطة بها ، والمعالجة السطحية.

الامتصاص Absorber: انظر إلى برج الامتصاص.

بنزين الامتصاصAbsorption gasoline: هو البنزين المستخرج من الغاز الطبيعي أو غاز التكرير عن طريق ملامسة الغاز الممتص بالنفط ثم تقطير البنزين من المكونات التي تمت زيادة درجة غليانها.

نفط الامتصاصAbsorption oil: هو النفط المستخدم لفصل المكونات الثقيلة عن خليط البخار عن طريق امتصاص المكونات الثقيلة في أثناء التلامس الحميم للنفط والبخار، ويستخدم لاستخلاص البنزين الطبيعي من الغاز الرطب.

مصنع الامتصاص Absorption plant: هو مصنع لاستخلاص الجزء القابل للتكثيف من الغاز الطبيعي أو غاز التكرير، وذلك عن طريق امتصاص الهيدروكربونات عالية الغليان في نفط الامتصاص، يليه فصل المادة الممتصة وتجزئتها.

برج الامتصاصAbsorption tower: هو برج أو عمود يعزز الاتصال بين الغاز الصاعد والسائل المتساقط بحيث يمكن إذابة هذا الجزء من الغاز في السائل.

المحفز الحمضي Acid catalyst: هو محفز ذو صفة حمضية، وأن الألومينا هي أمثلة على من مثل هذه المحفزات.

الترسب الحمضي Acid deposition : هو المطر الحمضي الذي هو شكل من أشكال استنفاد التلوث تنتقل فيه الملوثات من مثل أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت من الغلاف الجوي إلى التربة أو الماء، وهو غالباً ما يشار إليه بالتنظيف الذاتي في الغلاف الجوي، وعادة ما تنشأ الملوثات من استخدام الوقود الأحفوري.

المطر الحمضي Acid rain: هو ظاهرة هطول الأمطار التي تشتمل على الأحماض البشرية

المنشـــأ والمواد الكيميائية الحمضية الأخرى من الغلاف الجوي إلى الأرض والمياه (انظر في ترسب الأحماض).

السـجل الصوتي Acoustic log: هـــو عرض زمن انتقال الموجـــات الصوتية مقابل العمق في البئر، ويســتخدم هذا المصطلح بشكل شـــائع كمرادف لسجل صوتي ، وأن البعض من السجلات الصوتية تعرض السرعة.

التدفــق الإضافي Afterflow: هو التدفق المرتبط بتخزين حفرة البئر بعد إغلاق العمليات الســطحية، وعندما يتم إغلاق البئر لأول مرة على السطح يستمر التدفق من التكوين إلى قاع حفرة البئر بلا هوادة حتى يؤدي ضغط الســوائل في حفرة البئر إلى ارتفاع ضغط قاع البئر، فإذا كان ســائل حفرة البئر شــديد الانضغاط وكان معدل إنتاج البئر منخفضاً فإنه يمكن أن تكــون فترة التدفق اللاحق طويلة، وعلى العكس مــن ذلك فإن الآبار ذات المعدلات العالية التي تنتج القليل من الغاز لها فترات تالية ضئيلة.

الإســفلت المنفوخ بالهواء Air-blown asphalt: هو الإســفلت الناتج عن نفخ الهواء عبر البواقي عند درجات حرارة مرتفعة.

تلوث الهواء Air pollution : هو تصريف الغازات السامة والجسيمات التي تدخل الغلاف الجوي نتيجة النشاط البشري بشكل أساس.

الكحول Alcohol : هو اســم عائلــة مجموعة المركبات الكيميائيــة العضوية المكونة من الكربون والهيدروجين والأوكســجين، وتختلف الجزيئات في السلسلة في طول السلسلة ويتكون من هيدروكربون زائد مجموعة هيدروكسيل، ويشمل الكحول الميثانول والإيثانول.

الألكلة Alkylation: هو عملية لتصنيع مكونات مزج عالية الأوكتان، وهي تُســتخدم في البنزين أو البنزين الخالي من الرصاص.

الألومينا ($A1_20_3$) Alumina: يستخدم في طرائق الفصل كمادة ماصة وفي التكرير كعامل مساعد.

الجمعيــة الأمريكية للاختبار والمــواد (American Society for Testing and(ASTM Materials: هي المنظمــة الرســمية في الولايات المتحدة لتصميم الاختبارات القياســية للبترول والمنتجات الصناعية الأخرى.

الهضم اللاهوائيAnaerobic digestion : هو تحلل النفايات البيولوجية بواســطة الكائنات الدقيقة، وهو يتم عادة في ظل ظروف رطبة في غياب الهواء (الأوكســجين) ، ذلك لإنتاج غاز يتكون في الغالب من الميثان وثاني أوكسيد الكربون.

عمليات الإزالة السنوية Annual removals: هو الحجم الصافي للأشجار النامية التي تمت

إزالتها من المخزون الطبيعي للأشـجار خلال عام محدد عن طريق الحصاد أو ما يسـمى بالعمليات الثقافية من مثل تحسين موقف الأخشاب أو تطهير الأراضي.

الكثافة بحسـب معهد البترول الأمريكـي API gravity: هو مقياس لخفة أو ثقل البترول المرتبط بالكثافة والجاذبية النوعية: API = (141.5 / sp gr @ 60 ° F) - 131.5.

طبقـة المياه الجوفيـة Aquifer : هو فاصل صخري تحت السـطح ينتج الماء، وفي كثير من الأحيان هو الأساس لمكمن البترول.

المـواد العطريـة Aromatics: هي مجموعة من المواد الهيدروكربونيـة ذات الرائحة الحلوة المميزة، وهي تشمل البنزين والتولوين التي تظهر بشكل طبيعي في البترول ويتم استخلاصها أيضاً كمادة أولية للبتروكيماويات، وكذلك لاستخدامها كمذيبات.

الإسـفلت Asphalt: إن الإسـفلت هو المنتج غير المتطاير الناتج عن تقطير النفط الخام الإسفلتي ومعالجته، وهو مُنتج مُصنّع.

الإسـمنت الإسـفلتي Asphalt cement: تم تحضير الإسـفلت بخاصه مـن حيث الجودة والاتساق للاستخدام المباشر في صناعة الأرصفة البيتومينية.

الإسـفلتين Asphaltene (مكونات الإسـفلت): هي مادة المسحوق البني المائلة إلى السواد الناتجة عن معالجة البترول أو النفط الثقيل أو القار أو المخلفات باستخدام هيدروكربون سائل منخفض الغليان.

B

البنك Bank : تركيز النفط (بنك النفط) في مكمن يتحرك بشكل متماسك عبر المكمن.

البرميل (Barrel(bbl : هي وحدة القياس المستخدمة في صناعة البترول، وأن ما يعادل نحو اثنـين وأربعين جالوناً أمريكياً أو ما يقرب من أربعة وثلاثين (33.6) جالون إمبراطوري أو 159 لتر ، وأن 7.2 برميل ما يعادل طن واحد من النفط (متري).

برميـل النفط المكافـئ (Barrel of oil equivalent (boe : هو كميـة الطاقة الموجودة في برميـل النفط الخام ، أي نحو 6.1 جيجا جول (5.8 مليون وحدة حرارية بريطانية) ، أي ما يعادل 1700 كيلوواط ساعة.

Bbl: برميل من النفط 42 جالون أمريكي.

Bcf: مليار قدم مكعبة من الغاز الطبيعي.

Befe: ما يعادل مليار قدم مكعبة ، ويحدد باستخدام نسبة ستة Mcf من الغاز الطبيعي إلى واحد Bbl من النفط الخام أو المكثفات أو سوائل الغاز الطبيعي.

البنزينBenzene : هيدروكربون سائل عطري عديم اللون (C_6H_6).

بنزين Benzin: هو نفتا naphtha خفيف مكرر يستخدم لأغراض الاستخراج.

البنزين Benzine: هو مصطلح قديم لمقطـرات البترول الخفيفة التي تغطي نطاق البنزين والنافثا naphtha، انظر في Ligroine.

البنزول Benzol: هو المصطلح العام الذي يشـير إلى البنزيـن التجاري أو التقني (وليس بالضرورة النقي) ، أيضا المصطلح المستخدم للنافثا العطرية.

التحويل البيوكيميائيBiochemical conversion: هو استخدام التخمير أو الهضم اللاهوائي لإنتاج الوقود والمواد الكيميائية من مصادر عضوية.

وقود الديزل الحيويBiodiesel: هو وقود مشتق من مصادر بيولوجية يمكن استخدامه في محركات الديزل بدلاً من الديزل المشـتق من البترول، ومن خلال عملية الأسترة التبادلية فإنه يتم فصل ثلاثي الجليسريدات في الزيوت المشتقة بيولوجياً عن الجلسرين، مما ينتج عنه وقود متجدد وحرق نظيف.

الطاقة الحيوية Bioenergy: هي الطاقة المتجددة المفيدة المنتجة من المواد العضوية - ويتم الحصـول عليها من خلال تحويـل الكربوهيدرات المعقدة في المـواد العضوية إلى طاقة، ويمكن اسـتخدام المواد العضوية إما مباشرة كوقود أو معالجتها في سـوائل وغازات، أو تكون بقايا للمعالجة والتحويل.

الإيثانول الحيـوي Bioethanol: هو الإيثانول المنتج من المواد الأولية للكتلة الحيوية، وهو يشـمل الإيثانول المنتج من تخمير المحاصيل من مثل الذرة، وكذلك الإيثانول السليلوزي المنتج من النباتات الخشبية أو الأعشاب.

الوقود الحيوي Biofuels: هو اسـم عام للوقود السـائل أو الغازي غير المشـتق من الوقود الأحفوري القائم على البترول أو الذي يحتوي على نسـبة مـن الوقود غير الأحفوري، وهو من مثل الوقود المنتج من النباتات والمحاصيل من مثل بنجر السـكر وزيت بذور اللفت أو الزيوت النباتية المعاد معالجتها أو الوقـود المصنوع من الكتلة الحيوية الغازية، وكذلك الوقود المصنوع مـن مصادر بيولوجية متجددة بما في ذلـك الإيثانول والميثانول والديزل الحيوي، تشمل مصادر الوقود على سبيل المثال لا الحصر: الذرة وفول الصويا وبذور الكتان وبذور اللفت وقصب السكر وزيت النخيل ومياه الصرف الصحي الخام وفضلات الطعام والأجزاء الحيوانية والأرز.

الغـاز الحيوي Biogas: هو عبارة عن غاز قابل للاشـتعال مشـتق مـن تحلل النفايات البيولوجيـة في ظروف لاهوائية، ويتكون الغاز الحيوي عادة من 50% إلى 60% من الميثان. انظر أيضاً غاز المكبات.

الكتلة الحيوية Biomass: أي مادة عضوية متوافرة على أســاس متجدد أو متكرر، بما في ذلك المحاصيل الزراعية والأشجار، ومخلفات الأخشــاب والأخشاب، والنباتات (بما في ذلك النباتات المائية)، والأعشاب، وروث الحيوانات، والمخلفات البلدية ، وغيرها من المواد المتبقية. يتم إنتاج الكتلة الحيوية بعامة بطريقة مستدامة من الماء وثاني أوكسيد الكربون عن طريق التمثيل الضوئي. هناك ثلاث فئات رئيسية للكتلة الحيوية - الابتدائية والثانوية والثالثية.

الكتلة الحيوية إلى سائل(Biomass to liquid (BTL: هي عملية تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود سائل، وأنه يبدو أن هذا الأمر واضحاً بشكل مؤلم عند كتابته.

الطاقــة الحيوية Biopower: هو اســتخدام المواد الأولية للكتلــة الحيوية لإنتاج الطاقة الكهربائيــة أو الحرارة من خلال الاحتراق المباشر للمواد الأولية، أو من خلال التغويز ثم احــتراق الغاز الناتج، أو من خلال عمليات التحويل الحراري الأخرى، ويتم توليد الطاقة باستخدام المحركات أو التوربينات أو خلايا الوقود أو غيرها من المعدات.

المصفاة الحيوية Biorefinery: هي منشــأة تعالج الكتلة الحيوية وتحولها إلى منتجات ذات قيمــة مضافة، ويمكن أن تــتراوح هذه المنتجات من المواد الحيويــة إلى الوقود من مثل الإيثانول أو المواد الأولية المهمة لإنتاج المواد الكيميائية والمواد الأخرى.

البيتومــين Bitumen: في بعض الأحيان يشــار إليه بالإســفلت الأصــلي والزيت الثقيل الإضــافي، وهو مادة تحدث بشــكل طبيــعي ولا يمكن نقله في ظل ظــروف المكمن ولا يمكن اســتخلاصه من خلال بئر بطرائق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاستخلاص المحسنة المســتخدمة حالياً، والأساليب الحالية تشمل التعدين لاستخلاص البيتومين.

البيتومينوسBituminous : يحتوي على البيتومين أو مصدر البيتومين.

الصخور البيتومينوسية Bituminous rock: انظر الرمال البيتومينوسية.

الرمال البيتومينوســية Bituminous sand : هي تكوين توجد فيه المادة البيتومينوســية (انظر البيتومين) كحشــوة في الأوردة والشــقوق في الصخور المكسورة أو في نقيع الرمل الضحل نسبياً والحجر الرملي وطبقات الحجر الجيري، وأن مكمن من الحجر الرملي مشرب بمادة سوداء لزجة ثقيلة تشبه البترول لا يمكن استخلاصها من خلال بئر بواسطة تقنيات الإنتاج التقليدية.

الســائل الأســود Black liquor: هو محلول مــن بقايا اللجنين lignin والمــواد الكيميائية المستخدمة في فصل الألياف لاستخراج اللجنين في أثناء تصنيع الورق.

BOE: برميل مكافئ نفطي.

نقطة الغليانBoiling point: هي خاصية فيزيائية مميزة لسائل يكون عنده ضغط البخار مساوياً لضغط الغلاف الجوي ويتحول السائل إلى غاز.

نطـاق الغليان Boiling range: هو نطاق درجة الحرارة الذي يتم تحديده عادةً عند الضغط الجوي في جهاز المختبر القياسي، والذي يبدأ عبره تقطير النفط ويستمر وينتهي.

تجفيف العظام Bone dry: تحتوي على صفر % من المحتوى الرطوبي. يتم تسـخين الخشب في فـرن عند درجة حرارة ثابتة تبلغ 100 درجة مئوية (212 درجة فهرنهايت) أو أعلى حتى يستقر وزنه ويعتبر جافاً أو جافاً في الفرن.

إغلاق البـئر السـفلي Bottomhole shut-in: هي بئر مغلقة قليلاً فـوق التكوين المنتج باستخدام أدوات خاصة في قاع البئر تحتوي على صمام يمكن برمجته مسبقاً أو التحكم فيه من السطح، وعادة ما ترتبط هذه الممارسة باختبارات جذع الحفر، وتوجد التكنولوجيا لتوظيف الإغلاق في قاع البئر في الآبار المكتملة المجهزة بشكل مناسب.

دورة القاع Bottoming cycle: هو نظام التوليد المشـترك الذي يستخدم فيه البخار أولاً لتسخين العملية ثم لإنتاج الطاقة الكهربائية.

وحـدة حرارية بريطانية (British thermal unit - (Btu: هي وحدة حرارة غير مترية، ولا تزال مسـتخدمة على نطاق واسع من قبل المهندسـين، وأن واحد Btu هو الطاقة الحرارية اللازمـة لرفع درجة حرارة رطل واحـد من الماء من 60 درجـة فهرنهايت إلى 61 درجة فهرنهايت عنـد ضغط جوي واحد، وأن كل 1 وحدة حراريـة بريطانية = 1055 جول (أو 1.055 كيلو جول).

القبوBunker: هو خزان للتخزين.

البوتانـول Butanol: على الرغم من أنـه يتم إنتاجه بعامة من الوقـود الأحفوري، إلا أنه يمكن أيضاً إنتاج هذا الكحول الكربوني من خلال التخمير البكتيري للكحول.

C

الكسور C_1,C_2,C_3,C_4,C_5: هي طريقة شـائعة لتمثيل الكسور التي تحتوي على نسبة كبيرة من الهيدروكربونات التي تحتوي على 1 أو 2 أو 3 أو 4 أو 5 ذرات كربون على التوالي ، ودون الإشارة إلى نوع الهيدروكربون.

ثاني أوكسـيد الكربون Carbon dioxide(CO_2): هو منتج احتراق يعمل كغازات دفيئة في الغلاف الجوي للأرض، إذ يحبس الحرارة ويساهم في تغير المناخ.

الكربنـة Carbonization: هو تحويل المركب العضـوي إلى فحم أو فحم الكوك بالحرارة

في غياب الهواء بشـــكل كبير، وغالباً ما يستخدم للإشـــارة إلى التقطير المدمر (مع الإزالة المتزامنة لنواتج التقطير) للفحم.

أول أوكســيد الكربون Carbon monoxide(CO): هـــو غاز قاتل ينتج عن الاحتراق غير الكامل للوقود المحتوي على الكربون في محـــركات الاحتراق الداخلي، وإنه غاز عديم اللون والرائحة والمذاق.

بالوعـــة الكربون Carbon sink: هي منطقة جغرافية تمتـــص نباتاتها و/أو تربتها كميات كبيرة من ثاني أوكســـيد الكربون من الغلاف الجوي، وأن هذه المناطق هي عادة في المناطق الاستوائية ويتم التضحية بها بشكل متزايد لإنتاج محاصيل الطاقة.

المحفـــز Catalyst: هو مادة تـــسرع التفاعل الكيميائي من دون أن تتأثر أو تســـتهلك في التكرير، وتُستخدم المحفزات في عملية التكسير لإنتاج مكونات مزج للوقود.

انتقائية المحفزCatalyst selectivity: هو النشاط النسبي لمحفز فيما يتعلق بمركب معين في خليط، أو هو المعدل النسبي في التفاعلات المتنافسة لمادة تفاعل واحدة.

رقم الســـيتانCetane number: هو مقياس لجودة اشـــتعال وقود الديزل، وكلما زاد الرقم زادت سهولة اشتعال الوقود تحت الضغط.

CFR Code of Federal Regulations: هـــو قانون اللوائح الفيدرالية، ويحتوي العنوان 40 (CFR 40) على لوائح حماية البيئة.

الكتلـــة الحيويـــة ذات الحلقـــة المغلقـــة Closed-loop biomass: هي المحاصيل المزروعة بطريقة مستدامة بغرض تحســـين قيمتها للطاقة الحيوية واستخدامات المنتجات الحيوية، ويشمل ذلك المحاصيل السنوية من مثل الذرة والقمح والمحاصيل المعمرة من مثل الأشجار والشجيرات والأعشاب من مثل عشب التبديل.

نقطة الســـحب Cloud point: هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها شـــمع البارافين أو المواد الصلبة الأخرى في التبلور أو الانفصال عن المحلول، مما يضفي مظهراً غائماً على النفط عند تبريده وفقاً للشروط المحددة.

قار الفحم Coal tar: هو الاسم المحدد للقطران (q.v.) المنتج من الفحم.

طبقة قار الفحم Coal tar pitch: هو الاسم المحدد للقار (qv) المنتج من الفحم.

المواد الخشـــنة Coarse materials: هي بقايا الخشب المناســـبة للتقطيع من مثل الألواح والحواف والزركشة.

التكويك Coking: هي طريقة حرارية تســـتخدم في المصافي لتحويل البيتومين والمخلفات إلى منتجات متطايرة وفحم الكوك (انظر فحم الكوك المؤجل وفحم الكوك المائع).

الإنجاز Completion: هي تركيب المعدات الدائمة لإنتاج النفط أو الغاز.

المطابقة Conformance: هي الانتظام الذي يتم به مسح حجم المكمن عن طريق حقن السوائل في المنطقة وفي الاتجاهات الرأسية.

النفط الخام التقليدي (النفط التقليدي)Conventional crude oil (conventional petroleum): هو النفط الخام الذي يتم ضخه من الأرض واستخلاصه باستخدام الطاقة الكامنة في المكمن، ويمكن استخلاصه أيضاً عن طريق تطبيق تقنيات الاستخلاص الثانوية.

الحبل Cord: هي كومة من الخشب تبلغ مساحتها 128 قدماً مكعبة (3.62 م 3) ، الأبعاد القياسية هي 4 × 4 × 8 أقدام ، بما في ذلك المجال واللحاء، سلك واحد يحتوي تقريبا. 1.2 طن أمريكي (فرن جاف) = 2400 جنيه =1089 كجم.

التكسير (Cracking): هي عملية تكرير ثانوية تستخدم الحرارة و/أو محفزاً لتفكيك المكونات الكيميائية ذات الوزن الجزيئي العالي إلى منتجات ذات وزن جزيئي منخفض يمكن استخدامها كمكونات مزج للوقود.

طريقة Craig-Geff en-Morse: هي طريقة للتنبؤ باستخراج النفط عن طريق فيضان المياه.

المراعي الزراعية Cropland pasture: هي الأرض المستخدمة في تناوب المحاصيل على المدى الطويل، لكن مع ذلك فإن البعض من مراعي الأراضي الزراعية هامشية لاستخدامات المحاصيل وقد تظل في المراعي إلى أجل غير مسمى. تشمل هذه الفئة أيضاً الأراضي التي كانت تستخدم للمراعي قبل بلوغ المحاصيل مرحلة النضج، والبعض من الأراضي المستخدمة للمراعي التي كان من الممكن اقتصاصها دون إجراء تحسينات إضافية.

الباحة الصيفية المزروعةCultivated summer fallow: هي الأراضي الزراعية المزروعة لموسم واحد أو أكثر لمكافحة الحشائش وتراكم الرطوبة قبل زراعة الحبوب الصغيرة.

D

التكويك المتأخرDelayed coking: هي عملية التكويك التي يُسمح فيها بالتفاعلات الحرارية حتى اكتمالها لإنتاج منتجات غازية وسائلة وصلبة (كوك).

الكثافة Density: هي الكتلة (أو الوزن) لوحدة حجم أي مادة عند درجة حرارة محددة، انظر أيضاً الثقل النوعي.

نزع الكبريت Desulfurization: هي إزالة مركبات الكبريت أو إزالة الكبريت من المواد الأولية.

بئر التطوير Development well: هي بئر محفورة في داخل المنطقة المثبتة لمكمن نفط أو غاز حتى عمق أفق طبقي معروف بأنه منتِج.

محرك الديزل Diesel engine: تم تسميته على اسم المهندس الألماني رودولف ديزل، وهو محرك الاحتراق الداخلي والاشتعال بالانضغاط يعمل عن طريق تسخين الوقود وإشعاله، ويمكن استخدام البترول أو الوقود المشتق من المواد الحيوية.

وقود الديزل Diesel fuel: هي نواتج تقطير لزيت الوقود مشتق تاريخياً من البترول لاستخدامه في محركات الاحتراق الداخلي، وهو مشتق أيضاً من مصادر نباتية وحيوانية.

ديزل، رودولف Diesel, Rudolph: هو مخترع ألماني اشتهر بتصميم محرك الديزل، الذي ظهر لأول مرة في المعرض العالمي لعام 1900.

الهاضم Digester: هو وعاء أو حاوية محكمة الإغلاق تتحلل فيها بكتيريا الكتلة الحيوية في الماء لإنتاج الغاز الحيوي.

محرك الحقن المباشر Direct-injection engine: هو محرك ديزل يتم فيه حقن الوقود مباشرة في الأسطوانة.

نواتج التقطير Distillate: هي أي منتجات بترولية يتم إنتاجها عن طريق غليان النفط الخام وتجميع الأبخرة الناتجة كمكثفات في وعاء منفصل، على سبيل المثال البنزين (ناتج تقطير خفيف) أو زيت الغاز (ناتج تقطير متوسط) أو زيت الوقود (ناتج تقطير ثقيل).

التقطير Distillation: هي عملية التقطير الأولية التي تستخدم درجة حرارة عالية لفصل النفط الخام إلى بخار وسوائل يمكن بعد ذلك إدخالها في برج التقطير أو التجزئة.

جهاز تغويز السحب السفلي Downdraft gasifier: هو جهاز تغويز تمر فيه غازات المنتج عبر منطقة احتراق في الجزء السفلي من جهاز التحويل إلى غاز.

فرن التنور الهولندي Dutch oven furnace: هو أحد أقدم أنواع الأفران، وهو يحتوي على صندوق كبير مستطيل مبطن بالطوب الناري (المقاوم للحرارة) على الجوانب والجزء العلوي ويشيع استخدامه لحرق الأخشاب.

E

E85: هو خليط وقود كحولي يحتوي على 85% إيثانول و 15% بنزين من حيث الحجم ، وهو الوقود البديل الحالي الذي تختاره الحكومة الأمريكية.

النفايات السائلة Effluent: هي السوائل أو الغازات المفرغة من عملية أو مفاعل كيميائي، وهي عادة ما تحتوي على بقايا من تلك العملية.

الانبعاثات Emissions: هي المواد التي يتم تفريغها في الهواء في أثناء الاحتراق، وعلى سبيل المثال كل تلك الأشياء التي تخرج من سيارتك.

الانبعاثات Emissions: هي نفايات المواد التي تم اطلاقها في الهواء أو الماء.

محاصيل الطاقة Energy crops: هي المحاصيل المزروعة خصيصاً لقيمتها الوقودية، وهي تشمل المحاصيل الغذائية من مثل الذرة وقصب السكر والمحاصيل غير الغذائية من مثل أشجار الحور وعشب التبديل.

توازن الطاقة Energy balance: هو الفرق بين الطاقة التي ينتجها الوقود والطاقة المطلوبة للحصول عليها من خلال العمليات الزراعية والحفر والتكرير والنقل.

محاصيل الطاقة Energy crops: هي المحاصيل الزراعية المزروعة خصيصاً لقيمتها من حيث الطاقة.

نسبة كفاءة الطاقة Energy-efficiency ratio: هي رقم يمثل الطاقة المخزنة في الوقود مقارنة بالطاقة المطلوبة لإنتاج هذا الوقود ومعالجته ونقله وتوزيعه.

الاستخلاص المعززEnhanced recovery: هي الطرائق التي عادة ما تتضمن استخدام الطاقة الحرارية (على سبيل المثال ، الغمر بالبخار) لاستخراج النفط من المكمن.

عملية الاستخلاص المعزز للنفط (Enhanced oil recovery(EOR: هي طريقة لاستخلاص النفط الإضافي من مكمن بترولي يتجاوز ذلك القابل للاستخلاص اقتصادياً، وذلك عن طريق طرائق الاستخلاص الأولية والثانوية التقليدية. تنقسم طرائق الاستخلاص المعزز للنفط عادةً إلى ثلاث فئات رئيسة هي: (1) الغمر الكيميائي: حقن الماء بمواد كيميائية مضافة في مكمن بترولي. تشمل العمليات الكيميائية: الغمر السطحي ، غمر البوليمر ، والفيضان القلوي ، (2) الغمر المختلط: هو حقن مادة قابلة للامتزاج في المكمن النفطي أو يمكن أن تمتزج مع النفط الموجود في المكمن. يتم استخدام ثاني أوكسيد الكربون والهيدروكربونات والنيتروجين ، (3) الاستخلاص الحراري: هو حقن البخار في مكمن نفطي، أو انتشار منطقة الاحتراق من خلال مكمن عن طريق الهواء أو حقن الهواء المخصب بالأوكسجين. تشمل العمليات الحرارية: محرك بخاري وحقن بخار دوري واحتراق في الموقع.

الإيثانول (الكحول الإيثيلي أو الكحول أو روح الحبوب)(Ethanol (ethyl alcohol, alcohol, or grain-spirit: هيدروكربون مؤكسج شفاف عديم اللون وقابل للاشتعال، وهو يستخدم كوقود للمركبة في حد ذاته (E 100 هو 100% إيثانول من حيث الحجم)، وممزوج بالبنزين (E 85 هو 85% إيثانول من حيث الحجم) ، أو كمُحسِّن لأوكتان البنزين والأوكسجين (10% من حيث الحجم).

بئر استكشـــافية Exploratory well: هي بئر تم حفرها لإيجـــاد وإنتاج النفط أو الغاز في منطقة غير مثبتة ، أو لإيجاد مكمن جديد في حقل تم اكتشـــافه سابقاً بأنه منتج للنفط أو الغاز في مكمن آخر، أو لتوسيع مكمن معروف.

F

FCC: التكسير التحفيزي للسوائل.

FCCU: وحدة التكسير التحفيزي للسوائل.

المادة الأولية Feedstock : هي الكتلة الحيوية المســـتخدمة في إنتاج وقود حيوي معين (من مثل الذرة أو قصب السكر للإيثانول أو فول الصويا أو بذور اللفت للديزل الحيوي).

التخمـــير Fermentation : هي تحويل المركبات المحتوية على الكربون بواســـطة الكائنات الدقيقة لإنتـــاج الوقود والمواد الكيميائية من مثل الكحول أو الأحماض أو الغازات الغنية بالطاقة.

منتجات الألياف Fiber products : هي المنتجات المشتقة من ألياف المواد النباتية العشبية والخشـــبية، ومن الأمثلة على ذلـــك هي اللب ومنتجات ألواح التركيب ورقائق الخشـــب للتصدير.

المواد الدقيقة Fine materials : هي بقايا الخشـــب غير المناســـبة للتقطيع من مثل نشارة المسواء ونشارة الخشب.

مركبة وقـــود مـــرن (Flexible-fuel vehicle (flex-fuel vehicle: هي مركبة يمكـن أن تعمل بالتناوب على مصدرين أو أكثر من مصادر الوقود، وهي تشمل السيارات القادرة على العمل بالبنزين ومزيج البنزين / الإيثانول، بالإضافة إلى الســـيارات التي يمكـن أن تعمل بالبنزين والغاز الطبيعي.

تفحيم الســـائل Fluid coking: هي عملية مســـتمرة للمواد الصلبة الـــتي يتم تمييعها إذ تتشـــقق وتتغذى حرارياً على جزيئات الكوك المســـخنة في وعاء مفاعل للغاز والمنتجات السائلة وفحم الكوك.

غلاية الطبقـــة المميعة Fluidized-bed boiler: هي وعاء كبـــير مبطن بالحرارة مع قطعة توزيـــع الهواء أو لوحة في القاع ومخرج غاز ســـاخن في الأعلى أو بالقـــرب منه، وعدد من التجهـــيزات لإدخال الوقود، وتتكون الطبقة المميعة عن طريق نفخ الهواء من خلال طبقة من الجســـيمات الخاملة (من مثل الرمـــل أو الحجر الجيري) بمعدل يتســـبب في دخول الجسيمات في حالة تعليق وحركة مستمرة.

الرمــاد المتطاير Fly ash : هــو جزيئات الرماد الصغيرة المحمولــة في التعليق في منتجات الاحتراق.

الأراضي الحرجية Forest land: هي مســاحة 10% على الأقل من الأشجار الحرجية من أي حجم بما في ذلك الأراضي التي كانت تحتوي في السابق على من مثل هذا الغطاء الشجري، التي ســيتم تجديدها بشــكل طبيعي أو إصطناعي وهي تشــمل المناطق الانتقالية من مثل المناطق الواقعة بين الأراضي الحرجية الكثيفة والأراضي غير الحرجية التي تحتوي على10% على الأقل من الأشــجار الحرجية ومناطق الغابات المجاورة لــلأراضي الحضرية والمباني، وتشمل أيضاً مناطق pinyonjuniper و chaparral ، وأن الحد الأدنى لمساحة تصنيف أراضي الغابات هو فدان واحد.

مخلفات الغابات Forest residues: هي المواد التي لم يتم حصادها أو إزالتها من مواقع قطع الأشــجار في حوامل الأخشاب الصلبة والخشب اللين التجارية، وكذلك المواد الناتجة عن عمليات إدارة الغابات من مثل التخفيف قبل التجارة وإزالة الأشجار الميتة والمحتضرة.

صحة الغابات Forest health : هي شرط لاســتدامة النظام الإيكولوجي وتحقيق أهداف الإدارة لمنطقة حرجية معينة، وعادة ما يشمل ذلك الأشجار الخضراء والعقبات والمدرجات المرنة التي تنمو بمعدل معتدل ومستويات متوطنة من الحشرات والأمراض.

التكوين Formation: هو فاصل من صخور ذات خصائص جيولوجية مميزة.

الوقود الأحفوري Fossil fuel: يمثل أنواع الوقود الصلبة أو السائلة أو الغازية التي تشكلت في الأرض عبر ملايين السنين، وذلك بسبب التغيرات الكيميائية والفيزيائية في المخلفات النباتيــة والحيوانية تحت درجات الحرارة والضغط المرتفعــين، وأن النفط والغاز الطبيعي والفحم هي أمثلة على ذلك.

مــوارد الوقود الأحفوري Fossil fuel resources: هي مادة وقود غازية أو ســائلة أو صلبة تشــكلت في الأرض عن طريق التغيرات الكيميائية والفيزيائية (التولد ، qv) في المخلفات النباتية والحيوانية عــبر الزمن الجيولوجي، وهي من مثل الغــاز الطبيعي والنفط والفحم والسجيل النفطي.

خليــة الوقود Fuel cell : هي عبارة عن جهاز يحول طاقة الوقود مباشرة إلى كهرباء وحرارة من دون احتراق.

دورة الوقود Fuel cycle: هي سلســلة الخطوات المطلوبة لإنتاج الكهرباء، وتشــمل دورة الوقود التعدين أو الحصول على مصدر الوقود الخام بطريقة أخرى، ومعالجة الوقود وتنظيفه، والنقل وتوليد الكهرباء وإدارة النفايات وإيقاف تشغيل المحطة.

زيت الوقود Fuel oil: هو بقايا ثقيلة ســوداء اللون، ويستخدم لتوليد الطاقة أو الحرارة عن طريق الاحتراق في الأفران.

مُقيِّم معالجة الوقود (Fuel treatment evaluator(FTE: هو أداة تقييم ستراتيجية قادرة على المساعدة في تحديد أولويات فرص معالجة الوقود وتقييمها.

خشب الوقود Fuel wood : هو خشب يستخدم للتحويل إلى شكل من أشكال الطاقة وبشكل أساس للاستخدام السكني.

الفـــرن Furnace : هو عبارة عن حجرة أو حاوية مغلقة تســـتخدم لحرق الكتلة الحيوية بطريقة خاضعة للرقابة لإنتاج حرارة للمساحة أو عملية التسخين.

G

التغويـــز Gasification : هو التحويل إلى غاز، وهي عملية كيميائية أو حرارية تســـتخدم لتحويل المواد الكربونية (من مثل الفحم والنفط والكتلة الحيوية) إلى مكونات غازية من مثل أول أوكسيد الكربون والهيدروجين.

المغوز Gasifier : هو جهاز يســـتخدم لتحويل الوقود الصلـــب إلى وقود غازي، وفي أنظمة الكتلة الحيوية فإنه يشار إلى العملية بإسم التقطير الحراري.

Gasohol: هـــو خليط من 10% إيثانول لا مائي و 90% بنزين من حيث الحجم ، أو 7.5% إيثانول لا مائي و 92.5% بنزين من حيث الحجم ، أو 5.5% إيثانول لا مائي و 94.5% بنزين من حيث الحجم.

تحويل الغاز إلى سوائل (Gas to liquids(GTL: هي عبارة عن عملية تكرير الغاز الطبيعي والهيدروكربونات الأخرى إلى هيدروكربونات طويلة السلســـلة، التي يمكن استخدامها لتحويل منتجات النفايات الغازية إلى وقود.

نقطة الهلام Gel point: هي النقطة التي يبرد عندها الوقود السائل لقوام الفازلين.

كائن معـــدل وراثيـــاً (Genetically modified organism(GMO: كائن تم تعديل مادته الوراثية من خلال تقنية DNA المؤتلفة، ممـــا يؤدي إلى تغيير النمط الظاهري للكائن الحي لتلبية المواصفات المرغوبة.

المراعي في الأراضي العشبية Grassland pasture and range: هي جميع الأراضي المفتوحة المستخدمة بشكل أســـاس للمراعي والرعي، بما في ذلك أنواع المراعي الشجيرة والأشجار، المراعي مع الميرمية والمســـكيت المتناثرة، وجميع الأعشاب والبقوليات المدروسة والمحلية والأعلاف الأخرى المســـتخدمة في المراعي أو في الرعي، وبسبب التنوع في التكوين النباتي فإنه لا يمكن دائماً تمييز المراعي العشـــبية والمراعي بوضوح عـــن الأنواع الأخرى من

المراعي، وفي أحد الأطراف فإنه قد تندمج الأراضي العشـــبية الدائمة مع مراعي الأراضي الزراعية، أو يمكن العثور على الأراضي العشبية في كثير من الأحيان في المناطق الانتقالية مع أراضي الرعي الحرجية.

سيارة الشـــحوم Grease car: هي ســـيارة تعمل بالديزل وهي معدة لمرحلة ما بعد الإنتاج لتعمل على الزيت النباتي المستعمل.

تأثـــير الاحتباس الحــــراري Greenhouse effect: هو تأثير غازات معينة في الغلاف الجوي للأرض في حبس الحرارة من الشمس.

غازات الاحتباس الحراري Greenhouse gases: هي الغازات التي تحبس حرارة الشـــمس في الغلاف الجوي للأرض وتنتج تأثير الاحتباس الحراري، وأن غازات الدفيئة الرئيسة هي بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون. تشمل غازات الدفيئة الأخرى الميثان والأوزون ومركبات الكربون الكلوروفلورية وأوكسيد النيتروز.

الشبكة Grid : هي نظام تابع لشركة المرافق الكهربائية لتوزيع الطاقة.

الإجمالي Gross : عند استخدامه فيما يتعلق بالفدان أو الآبار فإنه يشير إلى إجمالي الأفدنة أو الآبار التي يكون لشركة أو فرد أو مؤسسة مصلحة عمل فيها.

المخزون النامي Growing stock : وهو تصنيف لجرد الأخشـــاب يشمل الأشجار الحية من الأنواع التجارية التي تفي بمعايير محددة للجودة أو النشاط، ويتم استبعاد أشجار التي تم اقصائها.

H

المسكن الطبيعي Habitat: هو المنطقة التي يعيش فيها النبات أو الحيوان وينمو في ظروف طبيعية، وهو يشمل السمات الحية وغير الحية ويوافر جميع متطلبات الغذاء والمأوى.

الأخشاب الصلبة Hardwoods : وهي عادة أشجار عريضة الأوراق ومتساقطة الأوراق.

قيمة التسخينHeating value : وهي أقصى قدر من الطاقة المتوافرة عن طريق حرق مادة ما.

النفـــط الثقيل (النفط الخـــام الثقيـــل)(Heavy oil (heavy crude oil : هو النفط الأكثر لزوجـــة من النفط الخام التقليدي ، ولديه قدرة أقل على الحركة في المكمن ولكن يمكن استخلاصه من خلال بئر من المكمن عن طريق تطبيق طرائق استخلاص ثانوية أو محسّنة.

الهكتارHectare : هو وحدة مترية مشتركة للمساحة، وهو يساوي 2.47 فدان، وأن كل 100 هكتار = 1 كيلو متر مربع.

العشبية Herbaceous: هي نوع من النباتات غير الخشبية، وهي عادة ما تفتقر إلى السيقان القوية الدائمة، من مثل الأعشاب والحبوب والكانولا (اللفت).

مركبات الذرات غير المتجانسة Heteroatom compounds: هي المركبات الكيميائية التي تحتوي على النيتروجين و/ أو الأوكسجين و/ أو الكبريت و/ أو المعادن المرتبطة داخل هيكلها (تراكيبها) الجزيئية.

الحفر الأفقي Horizontal drilling: هو تقنية حفر تسمح للمشغل بالاتصال والتقاطع مع جزء أكبر من أفق الإنتاج مقارنة بتقنيات الحفر الرأسي التقليدية، ويمكن أن تؤدي هذه التقنية إلى زيادة معدلات الإنتاج وزيادة الاستخلاص النهائي للهيدروكربونات.

المادة الهيدروكربونية Hydrocarbonaceous material: هي مادة من مثل البيتومين تتكون من الكربون والهيدروجين مع عناصر أخرى (عناصر غير متجانسة) من مثل النيتروجين والأوكسجين والكبريت والمعادن مجتمعة كيميائياً في داخل هياكل المكونات، وعلى الرغم من أن الكربون والهيدروجين قد يكونان من العناصر السائدة، فقد يكون هناك عدد جد قليل من الهيدروكربونات الحقيقية.

المركبات الهيدروكربونية Hydrocarbon compounds: هي مركبات كيميائية تحتوي على الكربون والهيدروجين فحسب.

Hydrodesulf urization: إزالة الكبريت بالمعالجة المائية (qv).

العمليات المائية Hydroprocesses: هي عمليات التكرير المصممة لإضافة الهيدروجين إلى منتجات التكرير المختلفة.

المعالجة المائية Hydrotreating: هي إزالة الأنواع غير المتجانسة (من مثل النيتروجين والأوكسجين والكبريت) عن طريق معالجة مادة أولية أو منتج في درجات حرارة منخفضة نسبياً في وجود الهيدروجين.

I

الأراضي الزراعية الخاملة Idle cropland: هي الأرض التي لم تزرع فيها أية محاصيل، ويتم تضمين المساحات المحولة من المحاصيل إلى الاستخدامات المحافظة على التربة (إذا لم تكن مؤهلة لاستخدامها كمراعي للأراضي الزراعية) بموجب برامج المزارع الفيدرالية في هذا المكون.

المحرقة Incinerator: هي أي جهاز يستخدم لحرق المخلفات الصلبة أو السائلة أو المخلفات كطريقة للتخلص منها.

الشبكة المائلة Inclined grate: هي نوع من الفرن يدخل فيه الوقود من الجزء العلوي من الشبكة في شريط متصل، ويمر فوق قسم التجفيف العلوي حيث تتم إزالة الرطوبة،

وينزل إلى قسم الاحتراق السفلي ويتم إزالة الرماد في الجزء السفلي من الشبكة.

الاستخلاص النهائي الإضافي Incremental ultimate recovery: هو الفرق بين كمية النفط التي يمكن استخلاصها باستخدام طرائق الاستخلاص المعزز للنفط وكمية النفط التي يمكن استخلاصها بطرائق الاستخلاص التقليدية.

محرك الحقن غير المباشر Indirect-injection engine : هو نموذج قديم لمحرك الديزل يتم فيه حقن الوقود في حجرة أولية، ثم يتم حرقه جزئياً ثم يتم إرساله إلى غرفة حقن الوقود.

التميع غير المباشر Indirect liquefaction: هو تحويل الكتلة الحيوية إلى وقود سائل من خلال خطوة وسيطة لغاز صناعي.

الخشب الصناعي Industrial wood: هو جميع المنتجات الخشبية المستديرة التجارية باستثناء خشب الوقود.

Isopach: هو خط على الخريطة يحدد نقاطاً متساوية في سُمك التكوين.

J

وقود الطائرات Jet fuel: هو وقود يفي بالخصائص المطلوبة لاستخدامه في المحركات النفاثة ومحركات الطائرات التوربينية.

الجول Joule: هو وحدة مترية من الطاقة تعادل الشغل الذي تقوم به قوة مقدارها نيوتن واحد مطبقة على مسافة متر واحد (= 1 كجم متر مربع / ثانية تربيع).

One joule (J) = 0.239 calories (1 calorie = 4.187Joule)

K

الكيروسينKerosene : هو نواتج التقطير المتوسطة الخفيفة التي تستخدم بأشكال مختلفة كوقود لتوربينات الطيران أو للحرق في غلايات التدفئة أو كمذيب من مثل الروح البيضاء.

كيلوواط: **(kW)**: هو مقياس للطاقة الكهربائية يساوي 1000 واط، وأن 1 كيلوواط = 3412 وحدة حرارية بريطانية / ساعة = 1.341 قوة حصانية.

كيلوواط / ساعة - (kWh): هو مقياس للطاقة يعادل إنفاق كيلوواط واحد في الساعة، وعلى سبيل المثال فإن 1 كيلو واط ساعة سوف تضيء لمبة 100 واط لمدة 10 ساعات. 1 كيلوواط ساعة = 3412 وحدة حرارية بريطانية.

Kriging: هي تقنية مستخدمة في وصف المكمن لاستيفاء معاملات المكمن بين الآبار بناءً على نظرية المجال العشوائي.

L

غاز المكب Landfill gas: هو نوع من الغاز الحيوي ينتج عن تحلل المواد العضوية في مواقع التخلص من المكبـــات، ويتكون غاز المكب من نحو 50% من الميثـــان. انظر أيضاً الغاز الحيوي.

البنزين المحتــوي على الرصاص Leaded gasoline: هو البنزيـــن المحتوي على رباعي إيثيل الرصاص أو غيره من مركبات الرصاص العضوي المعدني المضادة للانفجار.

البترول الخفيف Light petroleum : هو البترول الذي له كثافة API أكبر من 20 درجة.

اللجنين Lignin: هو مكون بنيوي للخشـــب و (بدرجة أقل) أنسجة نباتية أخرى، والتي تغلف الجدران وتربط الخلايا معاً.

M

M85: هـــو خليط وقود كحولي يحتوي على 85% ميثانول و 15 % بنزين من حيث الحجم. يُصنـــع الميثانول عادةً من الغاز الطبيعي، ولكن يمكن أيضاً اشـــتقاقه من تخمير الكتلة الحيوية.

الأهوار Marsh: هي منطقة إسفنجية من الأرض مشبعة بالمياه وفيها أعداد كبيرة من برك المياه الســـطحية، وأن المستنقعات عادة ما تنتج من: (1) قاعدة صخرية أساسية غير منفذة ، (2) الرواســـب السطحية لطين الصخور الجليدية ، (3) تضاريس شبيهة بالحوض يكون الصرف الطبيعي منها فقير، (4) هطول أمطار جد غزيرة بالتزامن مع معدل تبخر منخفض مقابل ذلك ، (5) الأراضي المنخفضة ، ولا ســـيما في مواقع مصبات الأنهار عند مســـتوى سطح البحر أو تحته.

Mbbls: 1000 برميل نفط.

Mcf: 1000 قدم مكعب من الغاز الطبيعي.

Mcfe: 1000 قدم مكعب مكافئ للنفط، ويحدد باستخدام نسبة ستة Mcf مكعبة من الغاز الطبيعي إلى برميل واحد من النفط الخام.

ميغاواط Megawatt (MW): هو مقياس للطاقة الكهربائية يســـاوي مليون واط (1،000 كيلو واط).

MEOR: استخلاص النفط المعزز الميكروبي.

الميثانول Methanol: هو وقود مشـــتق عادة من الغاز الطبيعي، ولكن يمكن إنتاجه من تخمير السكريات في الكتلة الحيوية.

شمع Microcrystalline wax: هو شمع مستخلص من بقايا بترولية معينة وله بنية بلورية أدق وأقل وضوحاً من شمع البارافين.

ناتج التقطير الأوسطMiddle distillate: هي نواتج التقطير التي تغلي بين أجزاء الكيروسين وزيت التزليق.

الهجـــرة (الأوليـــة)(Migration (primary: هي حركة الهيدروكربونـــات (النفط والغاز الطبيعي) من صخور المصدر الناضجة والغنية بالمواد العضوية إلى نقطة يمكن أن يتجمع فيها النفط والغاز كقطرات أو كمرحلة مستمرة من الهيدروكربون السائل.

الهجرة (الثانوية)(Migration (secondary : هي حركة الهيدروكربونات كمرحلة ســـائلة واحدة مســـتمرة من خلال الصخور المشـــبعة بالمياه أو الكســـور أو الصدوع التي يتبعها تراكم النفط والغاز في الرواسب (الفخاخ ، qv) التي يتم منع المزيد من الهجرة منها.

بقايــا المطحنة Mill residue: هي بقايا الخشب واللحاء المنتجة في معالجة جذوع الأشجار وتحويلها إلى خشب ، وخشب رقائقي ، وورق.

الهيدروكربونات المعدنية Mineral hydrocarbons: هي الهيدروكربونات البترولية، وتعتبر معدنية لأنها تأتي من الأرض وليس من النباتات أو الحيوانات.

الزيوت المعدنية Mineral oil: هي المصطلح الأقدم للبترول، وقد تم تقديم هذا المصطلح في القرن التاســـع عشر كوسيلة للتمييز بين البترول (زيت الصخور) وزيت الحوت الذي كان في ذلك الوقت هو السائد في الإنارة لمصابيح الزيت.

المعادن Minerals: هي مواد طبيعية صلبة غير عضوية ذات هياكل بلورية واضحة المعالم.

MMbbls : مليون برميل من النفط.

MMBOE: مليون برميل من مكافئ النفط.

MMcf: مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي.

MMcfe: مليون قدم مكعب من الغاز المكافئ وهي مُحددة باســـتخدام نسبة 6 Mcf مكعبة من الغاز الطبيعي إلى 1 برميل من النفط الخام أو المكثفات أو سوائل الغاز الطبيعي.

محـــرك ديـــزل معدل/غـــير معـــدل Modified/unmodified diesel engine: يجب تعديل محركات الديزل التقليدية لتسخين النفط قبل وصوله إلى حاقنات الوقود من أجل التعامل مع الزيت النباتي المســـتقيم. معدل ، يمكن تشغيل أي محرك ديزل على زيت نباتي ، بدون تعديل ، يجب أولاً تحويل الزيت إلى وقود حيوي.

محتوى الرطوبة (Moisture content (MC: هو وزن الماء الموجود في الخشــب، ويعبر عنه عادةً كنسبة مئوية من الوزن إما جافاً في الفرن أو كما تم استلامه.

محتوى الرطوبة، الأساس الجاف Moisture content, dry basis: محتوى الرطوبة معبراً عنه كنســبة مئوية من وزن خشــب الفرن ، أي: [(وزن العينة الرطبة - وزن العينة الجافة) / وزن العينة الجافة] × 100.

محتوى الرطوبة ، الأساس الرطب Moisture content, wet basis: هو محتوى الرطوبة معبراً عنه كنسبة مئوية من وزن الخشب الوارد ، أي: [(وزن العينة الرطبة - وزن العينة الجافة) / وزن العينة الرطبة] × 100.

MTBE: إيثر الميثيل ثلاثي البيوتيل هو ناتج تقطير خفيف عالي الأوكتان يستخدم في مزج البنزين.

N

نافت Naft: هو مصطلح ما قبل المسيحية (يوناني) للنافثا (q.v).

النابالم Napalm: هو بنزين كثيف يستخدم كوسيط حارق يلتصق بالسطح الذي يصطدم به.

النفثا Naphtha: هو مصطلح عام ينطبق على المنتجات البترولية المكررة أو المكررة جزئياً أو غير المكررة والمنتجات الســائلة من الغاز الطبيعي التي تقطر غالبيتها دون 240 درجة مئوية (464 درجة فهرنهايت)، وهي الجزء المتطاير من البترول الذي يســتخدم كمذيب أو كمقدمة للبنزين.

الإسفلت الأصلي Native asphalt: انظر في البيتومين.

الإسفلت الطبيعي Natural asphalt: انظر في البيتومين.

الغاز الطبيعي Natural gas: هو المكونات الغازية الطبيعية الموجودة في العديد من مكامن البترول، وهناك أيضاً تلك المكامن التي قد يكون الغاز الطبيعي هو الشاغل الوحيد فيها.

ســوائل الغاز الطبيعي (Natural gas liquids (NGL : هي الســوائل الهيدروكربونية التي تتكثــف في أثناء معالجة الغازات الهيدروكربونية التي يتــم إنتاجها من مكامن النفط أو الغاز، انظر أيضاً البنزين الطبيعي.

البنزين الطبيعي Natural gasoline: هو خليط من الهيدروكربونات الســائلة المستخرجة من الغاز الطبيعي (q.v.) المناسب للخلط مع بنزين المصفاة.

مصنع البنزين الطبيعي Natural gasoline plant : هو مصنع لاستخراج الهيدروكربونات السائلة من مثل البنزين وغاز البترول المسال من الغاز الطبيعي.

صافي Net : عند استخدامه فيما يتعلق بالفدان أو الآبار ، فإنه يشير إلى إجمالي الأفدنة من الآبار مضروباً في كل حالة في النسـبة المئوية للفائدة العاملة التي تملكها شركة أو فرد أو ائتمان أو مؤسسة.

Netback: الربح.

صـافي الإنتاج Net production: هو الإنتاج المملوك لشركة أو فرد أو ائتمان أو مؤسسـة، مخصوماً منه الإتاوات والإنتاج المستحق للغير.

تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation: هو تحويل النيتروجين الجوي إلى مركبات نيتروجينية يمكن أن تستخدمها النباتات النامية.

أكاسيد النيتروجين (Nitrogen oxides (NOx: منتجات الاحتراق التي تساهم في تكوين الضباب الدخاني والأوزون.

زيت الطريق غير الإسـفلتي Non-asphaltic road oil: هو أي من نواتج التقطير البترولي غـير المتصلب أو الزيوت المتبقية المسـتخدمة كطبقات غبار، ولديهـا لزوجة منخفضة بدرجة كافية ليتم تطبيقها بدون تسـخين، ويشار إليها أحياناً مع زيوت الطرق الإسفلتية (qv) بإسم مسكنات الغبار.

الأراضي غـير الحرجيـة Non-forest land: هي الأراضي الـتي لم تدعم أبـداً الغابات والأراضي التي كانت حرجية سـابقاً، إذ يحول اسـتخدام إدارة الأخشـاب دون تطويرها لاسـتخدامات أخرى، فإذا اختلطت في مناطق الغابات فإنه يجب أن تكون الطرق غير المحسّنة والشرائط غير الحرجية أكثر من 120 قدماً، ويجب أن تكون مساحة المقاصة وما إلى ذلك أكثر من فدان واحد في المنطقة للتأهل كأراضي غير حرجية.

ملكية خاصة غير صناعيـة Non-industrial private: هي فئة ملكية للأراضي الخاصة حيث لا يقوم المالك بتشغيل مصانع معالجة الأخشاب.

رقم 1 زيت الوقود No. 1 Fuel oil: وهو يشـبه إلى حد كبير الكيروسين (q.v.) ويستخدم في الموقد حيث يكون التبخير قبل الاحتراق مطلوباً عادةً ويتم تحديد لهب نظيف.

رقم 2 زيت الوقود No. 2 Fuel oil: يسمى أيضاً زيت التدفئة المنزلي، وله خصائص مشابهة لوقود الديزل ووقود الطائرات الثقيل، ويُستخدم في الشعلات حيث لا يلزم التبخير الكامل قبل الاحتراق.

رقم 4 زيت الوقود No. 4 Fuel oil: هو زيت تسخين صناعي خفيف ويستخدم في الأماكن التي لا يلزم فيها التسخين المسبق للمناولة أو الحرق، وهناك نوعان من زيت الوقود رقم 4 وهما يختلفان في السلامة (نقطة الوميض) وخصائص التدفق (اللزوجة).

رقـم 5 زيت الوقود No. 5 Fuel oil: هو زيت وقود صناعي ثقيل يتطلب التسـخين المسبق قبل الحرق.

رقم 6 زيت الوقودNo. 6 Fuel oil: هو زيت الوقود الثقيل المعروف بشـكل أكثر شيوعاً باسم زيت Bunker C عندما يتم اسـتخدامه لتزويد السـفن العابرة للمحيطات بالوقود، وأن التسخين المسبق مطلوب دائماً لحرق هذا الزيت.

O

النفط Oil : هو نفط خام أو مكثف.

النفط من رمل القار Oil from tar sand : هو النفط الخام الاصطناعي (qv).

تعدين النفط Oil mining : هو تطبيق طريقة تعدين لاستخراج البيتومين.

النفـط الموجود أصلاً أو النفـط الأصـلي في مكانـهOOIP (Oil originally in place or Original oil in place): هو كمية النفط الموجودة في المكمن قبل بدء عمليات استخلاص النفط أو استخراجه.

الكتلة الحيويـة ذات الحلقـة المفتوحـة Open-loop biomass : هي الكتلة الحيوية التي يمكن استخدامها لإنتاج الطاقة والمنتجات الحيوية على الرغم من أنها لم تزرع خصيصاً لهذا الغرض، وهي تشـمل نفايات الماشية الزراعية، والمخلفات من عمليات قطع الغابات وحصاد المحاصيل.

المشـغل Operator: هو الفرد أو الشركة أو الأمانة أو المؤسسـة المسؤولة عن استكشاف وتطوير وإنتاج بئر للنفط أو الغاز أو تأجيرها.

الأكسجة Oxygenate: هي مادة تؤدي عند إضافتها إلى البنزين إلى زيادة كمية الأوكسجين في مزيج البنزين هذا، وتشمل وقود الإيثانول والميثانول وميثيل ثلاثي بيوتيل إيثر (MTBE).

P

انبعاثات الجسـيمات Particulate emissions: هي جسيمات مادة صلبة أو سائلة معلقة في غاز، أو هي الجسيمات الدقيقة للسخام الكربوني والجزيئات العضوية الأخرى التي يتم تصريفها في الهواء في أثناء الاحتراق.

الجسـيمات Particulate: هي كتلة صغيرة منفصلة من مادة صلبة أو سائلة تبقى مشتتة بشكل فردي في الغازات أو الانبعاثات السائلة.

سُـمك منطقة الدفع Pay zone thickness: هو عمق رواسب رمال القار من البيتومين (أو المُنتَج) الذي يمكن استخلاصه.

النفاذية Permeability: سهولة تدفق المياه عبر الصخر.

البترول Petrol: هو مصطلح شائع الاستخدام في البعض من البلدان للبنزينgasoline.

الفازلين Petrolatum : هو منتج شـبه صلب يتراوح لونه من الأبيض إلى الأصفر، ويُنتَج في أثناء تكرير المخزونات المتبقية ، انظر في Petroleum jelly.

البناء الضوئي Photosynthesis: هو عملية تقوم من خلالها الخلايا المحتوية على الكلوروفيل في النباتات الخضراء بتحويل الضوء الساقط إلى الطاقة الكيميائية، وتلتقط ثاني أوكسيد الكربون على شكل كربوهيدرات.

نقطة الانسكاب Pour point: هي أدنى درجة حرارة يتدفق عندها النفط أو يتدفق عند تبريده دون إزعاج في ظل ظروف محددة.

القيمة الحالية للإيرادات المستقبلية Present value of future revenues: هي القيمة الحالية قبل خصم الضرائب للإيرادات المستقبلية المقدرة التي سيتم توليدها من إنتاج الاحتياطيات المؤكدة، وصافي الإنتاج المقدرة وتكاليف التطوير المستقبلية، ويتم خصم صافي الإيرادات المستقبلية إلى القيمة الحالية لمعدل الخصم السنوي الذي عادة ما يكون 10%.

الاستخلاص الأولي للنفط Primary oil recovery: هو استخلاص النفط باستخدام القوى الطبيعية فحسب، واستخلاص النفط الخام من المكمن باستخدام طاقة المكمن المتأصلة.

طاحونة استخدام الأخشاب الأولية Primary wood-using mill: هي طاحونة تحول المنتجات الخشبية المستديرة إلى منتجات خشبية أخرى، ومن الأمثلة الشائعة هي مناشير الخشب التي تحول جذوع الاشجار المقطوعة إلى الخشب المنشور ومصانع اللب التي تحول لب الخشب المستدير إلى لب الخشب.

حرارة العملية Process heat: هي الحرارة المستخدمة في عملية صناعية بدلاً من تدفئة الأماكن أو أغراض التدبير المنزلي الأخرى.

الغاز المنتج Producer gas: هو غاز الوقود الغني بأول أوكسيد الكربون (CO) والهيدروجين (H_2) ، وينتج عن طريق حرق وقود صلب بهواء غير كافٍ أو عن طريق تمرير خليط من الهواء والبخار عبر طبقة محترقة من الوقود الصلب.

الاحتياطيات المطورة المؤكدة Proved developed reserves : هي تلك الاحتياطيات التي يمكن توقع استخلاصها من خلال الآبار الحالية بالمعدات الموجودة وطرائق التشغيل الحالية، وبالإمكان تضمين النفط والغاز الإضافي المتوقع الحصول عليهما من خلال تطبيق

حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المحسّنة الأخرى لتكملة القوى الطبيعية وآليات الاستخلاص الأولية باعتبارها "احتياطيات مطورة مؤكدة" فقط بعد الاختبار بواسطة مشروع تجريبي، أو بعد العملية من برنامج مثبت قد أكد من خلال استجابة الإنتاج أنه سيتم تحقيق المزيد من الاستخلاص.

الاحتياطيات المؤكدة Proved reserves: هي تلك الكميات المقدرة من النفط الخام والغاز الطبيعي وسوائل الغاز الطبيعي التي تظهر البيانات الجيولوجية والهندسية بدرجة معقولة من اليقين أنها قابلة للاستخلاص في السنوات المقبلة من المكامن المعروفة في ظل الظروف الاقتصادية والتشغيلية الحالية، أي الأسعار والتكاليف اعتباراً من تاريخ إجراء التقدير، وتتضمن الأسعار اعتبار التغييرات في الأسعار الحالية المقدمة فقط من خلال الترتيبات التعاقدية، ولكن ليس على التصعيد بناءً على الظروف المستقبلية.

الاحتياطيات المؤكدة غير المطورة Proved undeveloped reserves: هي تلك الاحتياطيات التي من المتوقع استخلاصها من الآبار الجديدة على مساحة غير محفورة، أو من الآبار الموجودة حيث يلزم إنفاق كبير نسبياً لإعادة الإكمال، وعادة ما تقتصر الاحتياطيات على المساحات غير المحفورة على وحدات الحفر التي تعوض الوحدات الإنتاجية التي تكون مؤكدة بشكل معقول من الإنتاج عند الحفر، ولا يمكن المطالبة بالاحتياطيات المؤكدة للوحدات الأخرى التي لم يتم حفرها إلا عندما يمكن إثبات استمرار الإنتاج من التكوين الإنتاجي الحالي على وجه اليقين، وتحت أي ظرف من الظروف فإنه لا تُعزى تقديرات الاحتياطيات غير المطورة المؤكدة بعامة إلى أي مساحة يُفترض فيها تطبيق حقن السوائل أو تقنيات الاستخلاص المحسّنة الأخرى، ما لم تكن هذه التقنيات قد أثبتت فعاليتها من خلال الاختبارات الفعلية في المنطقة وفي المكمن نفسه.

لب الخشب Pulpwood: هو خشب مستدير أو رقائق شجرة كاملة أو بقايا خشب يتم استخدامها في إنتاج لب الخشب.

الانحلال الحراري Pyrolysis: هو التحلل الحراري للكتلة الحيوية في درجات حرارة عالية (أكثر من 400 درجة فهرنهايت أو 200 درجة مئوية) في غياب الهواء، وأن المنتج النهائي للانحلال الحراري هو خليط من المواد الصلبة (الفحم) والسوائل (الزيوت المؤكسجة) والغازات (الميثان وأول أوكسيد الكربون وثاني أوكسيد الكربون) بنسب تحددها درجة حرارة التشغيل والضغط ومحتوى الأوكسجين وظروف أخرى.

Quad: كوادريليون وحدة حرارية بريطانية (10^{15} وحدة حرارية بريطانية) = 1.055 إكساجول (EJ)، أو ما يقرب من 172 مليون برميل من مكافئ النفط.

كوادريليون Quadrillion: 1×10^{15}، أي أنه يساوي 1,000,000,000,000,000

التبريد Quench: هو التبريد المفاجئ للمواد الساخنة التي يتم تفريغها من المفاعل الحراري.

R

المواد الأولية Raw materials: هي المعادن المستخرجة من الأرض قبل أي تكرير أو معالجة.

إعادة الإنجاز Recompletion : اكمال إنتاج حفرة البئر الموجودة في تشكيل آخر من ذلك الذي تم فيه الانتهاء من البئر مسبقاً.

غلاية الاستخلاص Recovery boiler: هي غلاية مطحنة اللب يتم فيها حرق اللجنين وسوائل الطهي المستهلك (السائل الأسود) لتوليد البخار.

التكرير Refining : يتم إنشاء العمليات التي يتم من خلالها تقطير البترول و/أو تحويله عن طريق تطبيق عمليات فيزيائية وكيميائية لتشكيل مجموعة متنوعة من المنتجات.

البنزين المعاد تشكيله Reformulated gasoline(RFG) : هو البنزين المصمم للتخفيف من إنتاج الضباب الدخاني وتحسين جودة الهواء عن طريق الحد من مستويات انبعاث البعض من المركبات الكيميائية من مثل البنزين والمشتقات العطرية الأخرى، وهو غالباً ما يحتوي على مواد مؤكسجة (qv).

البطانة المقاومة للصهر Refractory lining: هي بطانة عادة ما تكون من السيراميك، وهي قادرة على مقاومة درجات الحرارة العالية والحفاظ عليها.

الوقود المشتق من النفايات Refuse-derived fuel(RDF) : هو وقود يتم تحضيره من النفايات الصلبة ، ويتم إزالة المواد غير القابلة للاحتراق من مثل الصخور والزجاج والمعادن، ويتم تقطيع الجزء القابل للاحتراق المتبقي من النفايات الصلبة.

الاحتياطيات Reserves: هي الاحتياطيات المؤكدة، وهي موارد محددة جيداً يمكن استخراجها بشكل مربح واستخدامها مع التكنولوجيا الحالية.

المخلفات Residues: هي اللحاء والمواد الخشبية التي تتولد في مصانع الأخشاب الأولية عندما يتم تحويل المنتجات الخشبية المستديرة إلى منتجات أخرى.

النفط المتبقي Residual oil: هو النفط الذي لا يمكن استخلاصه من مكامن نفط تقليدية بعد تطبيق تقنيات استخلاص النفط الأولية والثانوية والمعززة.

Residuum (pi. Residua ، المعروف أيضاً باسم البقايا أو resids Residuum (pi. residua, also known as resid or resids): هو الجزء غير المتطاير من البترول الذي يبقى كمخلفات بعد تقطير المصفاة ، ومن ثم بقايا فراغ.

المورد Resource: هو الكمية الإجمالية للسلعة (عادة ما تكون معدنية ولكن يمكن أن تشمل المعادن غير المعدنية من مثل الماء والنفط) التي تم التقدير بأنها متوافرة في نهاية المطاف.

مصفوفة الصخورRock matrix : هي التركيب الحبيبي لصخر أو وسط مسامي.

التدوير Rotation: هي فترة السنوات بين إنشاء منصة الأخشاب والوقت الذي تعتبر فيه جاهزة للحصاد النهائي والتجديد.

المنتجات الخشبية المستديرة Round wood products: هي جذوع الأشجار والأخشاب المستديرة الأخرى الناتجة عن حصاد الأشجار للاستخدام الصناعي أو الاستهلاكي.

الإتاوة Royalty: هي مصلحة في عقد إيجار للنفط والغاز تمنح مالك المصلحة الحق في استلام جزء من الإنتاج من الأرض المؤجرة (أو من عائدات بيع الإنتاج)، ولكنها لا تتطلب عموماً من المالك دفع أي جزء من تكاليف حفر أو تشغيل الآبار على الأرض المؤجرة، قد تكون الإتاوات إما إتاوات لمالك الأرض التي يحتفظ بها مالك الأرض المؤجرة في وقت منح عقد الإيجار، أو الإتاوات الغالبة التي عادة ما يحتفظ بها مالك عقد الإيجار فيما يتعلق بالتحويل إلى مالك لاحق.

خزانات مياه النهر Run-of-the-river reservoirs : هي خزانات ذات معدل تدفق كبير مقارنة بحجمها.

الرمل Sand: هو معدن حبيبي يتكون أساساً من حبيبات الكوارتز المشتقة من التجوية الكيميائية والفيزيائية للصخور الغنية بالكوارتز ، ولا سيما الحجر الرملي والجرانيت.

الحجر الرملي Sandstone: هو صخر رسوبي يتكون من ضغط وتدعيم حبيبات الرمل، ويمكن تصنيفه بحسب التركيب المعدني للرمل والإسمنت.

بخار مشبع Saturated steam : هو بخار عند درجة حرارة الغليان لضغط معين.

الاستخلاص الثانوي للنفط Secondary oil recovery : هو استخدام الطاقة (من مثل غمر المياه) لاستخلاص النفط الخام من المكمن بعد تناقص محصول النفط الخام من الاستخراج الأولي.

مصانع معالجة الأخشاب الثانوية Secondary wood processing mills: هي مطحنة تستخدم المنتجات الخشبية الأولية في تصنيع المنتجات الخشبية الجاهزة من مثل الخزانات والقوالب والأثاث.

رسوبية Sedimentary: تتكون من أو من رواسب الرواسب، وخاصة من حبيبات الرمل أو الطمي المنقولة من مصدرها والمترسبة في الماء من مثل الحجر الرملي والسجيل النفطي، أو من البقايا الجيرية للكائنات من مثل الحجر الجيري.

الطبقات الرسوبية Sedimentary strata: تتكون عادة من مخاليط من الطين والطمي والرمل والمواد العضوية ومعادن مختلفة، وهي تتكون من الرواسب الرسوبية، وبخاصة من حبيبات الرمل أو الطمي المنقولة من مصدرها والمترسبة في الماء من مثل الحجر الرملي والسجيل النفطي، أو من البقايا الجيرية للكائنات من مثل الحجر الجيري.

إتاوة الحجز Shut-in royalty : هي دفعة منصوص عليها في عقد إيجار النفط التي يحصل عليها أصحاب الامتياز بدلاً من الإنتاج الفعلي، عندما يتم إغلاق البئر بسبب عدم وجود سوق مناسب، أو عدم وجود مرافق لإنتاج المنتج، أو الحالات الأخرى المحددة ضمن أحكام الإغلاق الواردة في عقد إيجار النفط والغاز.

الوحل Slime: اسم مستخدم للبترول في النصوص القديمة.

سجل صوتي Sonic log: هو نوع من السجل الصوتي يعرض وقت انتقال الموجات P مقابل العمق، وأنه عادةً ما يتم تسجيل السجلات الصوتية عن طريق سحب أداة على خط سلكي أعلى حفرة البئر، إذ تصدر الأداة موجة صوتية تنتقل من المصدر إلى التكوين وتعود إلى جهاز الاستقبال.

الثقل النوعيSpecific gravity: هو الكتلة (أو الوزن) لوحدة حجم أي مادة عند درجة حرارة محددة مقارنة بكتلة حجم متساوٍ من الماء النقي عند درجة حرارة قياسية.

موقف (من الأشجار) Stand (of trees): هو مجتمع الأشجار الذي يمتلك تماثلاً كافياً في التكوين، أو التكوين، أو العمر، أو الترتيب المكاني، أو الحالة ليتم تمييزه عن المجتمعات المجاورة.

التوربينات البخارية Steam turbine: هي عبارة عن جهاز يستخدم لتحويل طاقة البخار عالي الضغط (المنتج في المرجل) إلى طاقة ميكانيكية يمكن استخدامها بعد ذلك لتوليد الكهرباء.

الزيت النباتي المستقيم Straight vegetable oil (SVO) : هو أي زيت نباتي لم يتم تحسينه خلال عملية الأسترة التبادلية.

ستراتا Strata: هي عبارة عن طبقات تشمل اللب الداخلي الصلب الغني بالحديد واللب الخارجي المنصهر ، والوشاح ، وقشرة الأرض.

بخار شديد السخونةSuperheated steam: هو بخار أكثر سخونة من درجة حرارة الغليان لضغط معين.

الفاعل بالسطح Surfactant: هو نوع من المواد الكيميائية، يتميز بأنه نوع يقلل من المقاومة البينية للخلط بين النفط والماء أو يغير درجة الماء الذي يبلل به صخور المكمن.

مستــدام Sustainable: هو حال النظام البيئي الذي يتم فيه الحفاظ على التنوع البيولوجي وقابلية التجديد وإنتاجية الموارد بمرور الزمن.

النفط الخام الاصطناعي(التخليقي) (Synthetic crude oil (syncrude: هو عبارة عن منتج هيدروكربــوني يتم إنتاجه عن طريق تحويل الفحم أو الســجيل النفطي أو بيتومين رمال القار الذي يشبه النفط الخام التقليدي، يمكن تكريره في مصفاة بترول.

الإيثانول الاصطناعي Synthetic ethanol: هــو الإيثانول المنتج من الإيثيلين، وهو منتج ثانوي للبترول.

T

رمال القار (رمــال البيتومــين) Tar sand (bituminous sand): هي عبارة عن تكوين توجد فيه المادة البيتومينية (القار) كحشوة في الأوردة والشقوق في الصخور المتصدعة أو تشريب الرمل الضحل نســبياً والحجر الرملي وطبقات الحجر الجيري، ومكمن من الحجر الرملي مشرب بمادة هيدروكربونية ســوداء ثقيلة شديدة اللزوجة تشبه البترول لا يمكن اســتخراجها من خلال بئر عن طريق تقنيات اســتخلاص النفط التقليدية أو المحسنة، (4-FE 76): وأنــواع الصخور العديدة التي تحتوي على هيدروكربون شــديد اللزوجة لا يمكن استخلاصه في حالته الطبيعية عن طريق طرائق إنتاج آبار النفط التقليدية بما في ذلك تقنيات الاستخلاص المعززة المستخدمة حالياً.

الاستخلاص الثلاثي Tertiary recovery: هي طرائق الاستخلاص المحسنة لإنتاج النفط أو الغاز، ويتطلب الاستخلاص المعزز للنفط الخام وسيلة لإزاحة النفط من صخر المكمن، وتعديل خصائص السوائل في المكمن و / أو صخر المكمن لإحداث حركة للنفط بطريقة فعالة، وتوفير الطاقة وآلية الدفع لقوة تدفقها إلى بئر الإنتاج، ويتم حقن المواد الكيميائية أو الطاقــة كما هو مطلوب للإزاحة وللتحكم في معدل التدفق ونمط التدفق في المكمن، ويتم توفير محرك سائل لإجبار النفط على الحركة نحو بئر إنتاج.

التحويل الكيميائي الحراري Thermochemical conversion: هو استخدام الحرارة لتغيير المواد كيميائياً من حالة إلى أخرى، على سبيل المثال لصنع منتجات طاقة مفيدة.

أراضي الغابــات Timberland: هي أراضي الغابــات التي تنتج أو قادرة على إنتاج محاصيل من الأخشــاب الصناعية، التي لم يتم سحبها من اســتخدام الأخشاب بموجب قانون أو لائحة إدارية.

رسوم البقشيش Tipping fee : هي عبارة عن رسم التخلص من النفايات.

طن (طن قصير) Ton (short ton): 2000 رطل، وفي النظام الإنجليزي الرطل يُعادل 0.4536 كيلو جرام.

طن (طن إمبراطوري ، طن طويل ، طن شـحن): 2240 رطل ، ما يعادل 1000 كيلوغرام أو من حيث النفط الخام نحو 7.5 برميل من النفط.

دورة القمـة Topping cycle: هي عبارة نظام التوليد المشـترك الذي يتم فيه إنتاج الطاقة الكهربائية أولاً. ثم يتم استخدام الحرارة المطروحة من إنتاج الطاقة لإنتاج حرارة عملية مفيدة.

توربينـات الضغـط العلـوي والعكـسي Topping and back pressure turbines: هي التوربينات التي تعمل عند ضغط العادم أعلى بكثير من الغلاف الجوي (التوربينات غير المكثفة)، وغالباً ما تكون متعددة المراحل بكفاءة عالية نسبياً.

الاسـترة Trans esterification: هي العملية الكيميائية الـتي يتفاعل فيها الكحول مع الدهون الثلاثية في الزيت النباتي أو الدهون الحيوانية ، ويفصل الجلسرين وينتج عن ذلك وقود الديزل الحيوي.

صر متحـرك Traveling grate: هو نوع من الأفـران يتم فيه ربط الوصلات المجمعة من المشـابك معاً في ترتيب حزام دائم، ويتم تغذية الوقود في أحد طرفيه ويتم تصريف الرماد من الطرف الآخر.

التريليون Trillion: $1*10^{12}$ =1,000,000,000,000.

التوربـين Turbine: هو عبارة عن آلة لتحويل الطاقة الحراريـة في البخار أو الغاز عالي الحرارة إلى طاقة ميكانيكية، وفي التوربين يمر تدفق بخار أو غاز بسرعة عالية عبر صفوف متتالية من الشفرات الشعاعية المثبتة في عمود مركزي.

نسـبة التقليل Turn down ratio: هي أقل حمولة تعمـل عندها الغلاية بكفاءة مقارنة بالحمل التصميمي الأقصى للغلاية.

U

الاسـتخلاص النهـائيUltimate recovery: هي الكمية التراكمية من النفط التي سـيتم اسـتخلاصها عندما لا تكون الإيرادات من الإنتاج الإضافي تـبرر تكاليف الإنتاج الإضافي.

عدم المطابقة Unconformity: هي سـطح من التعرية يفصل الطبقات الأصغر سـناً عن الصخور القديمة.

التطوير Upgrading: هو تحويل البترول إلى منتجات ذات قيمة مضافة قابلة للبيع.

V

التقطير الفراغي Vacuum distillation: هو عملية التقطير الثانوية التي تستخدم فراغ جزئي لخفض درجة غليان البقايا من التقطير الأولي واستخراج المزيد من مكونات المزج.

اللزوجة Viscosity: هي عبارة عن مقياس لقدرة السائل على التدفق أو هي مقياس لمقاومته للتدفق، فهي القوة المطلوبة لتحريك سطح مستو بمساحة 1 متر مربع فوق سطح مستوٍ موازٍ آخر مسافة متر واحد بمعدل متر واحد في الثانية عند غمر كلا السطحين في السائل، وأنه كلما زادت اللزوجة كان تدفق السائل أبطأ.

المركبات العضوية المتطايرة Volatile Organic Compounds (VOCs): هي الاسم الذي يطلق على الهيدروكربونات العضوية الخفيفة التي تتسرب كبخار من خزانات الوقود أو المصادر الأخرى، وفي أثناء ملء الخزانات فإن المركبات العضوية المتطايرة تساهم في الضباب الدخاني.

المسح الحجمي Volumetric sweep: هو جزء الحجم الكلي للمكمن ضمن نمط الفيضان الذي يتم الاتصال به بشكل فعال عن طريق السوائل المحقونة.

التنميط الزلزالي العمودي Vertical seismic profiling (VSP): هي طريقة لإجراء المسوحات الزلزالية في البئر للحصول على معلومات تفصيلية تحت السطح.

W

تيارات النفايات Waste streams: هي منتجات ثانوية صلبة أو سائلة غير مستخدمة لعملية ما.

نفايات الزيوت النباتية Waste vegetable oil (WVO): هي شحم من أقرب مقلاة يتم ترشيحه واستخدامه في محركات الديزل المعدلة، أو تم تحويله إلى وقود حيوي من خلال عملية الأسترة التبادلية ويستخدم في أي سيارة تعمل بوقود الديزل.

شبكة اهتزازية مبردة بالماء Water-cooled vibrating grate: هي شبكة مرجل مكونة من سطح شبكي tuyere مركب على شبكة من أنابيب المياه المتصلة بنظام دوران الغلاية للتبريد الإيجابي، ويتم دعم الهيكل عن طريق ثني الألواح، مما يسمح للشبكة والنافذة المشبكة بالتحرك في حركة اهتزازية، ويتم تفريغ الرماد تلقائياً.

مستجمعات المياه Watershed: هي عبارة عن حوض الصرف الذي يساهم بالمياه والمواد العضوية والمغذيات الذائبة والرواسب في مجرى أو بحيرة.

الواط Watt: هو الوحدة الأساسية المشتركة للطاقة في النظام المتري، وأن كل واحد واط يساوي جول واحد في الثانية، أو هو القوة المطورة في دائرة بتيار واحد أمبير يتدفق عبر

فرق جهد مقداره فولت واحد، وأن كل واحد واط = 3.412 وحدة حرارية بريطانية / ساعة.

حفرة البئر Wellbore: هي عبارة عن الثقب الموجود في الأرض ويتألف من بئر.

إكمال البئر Well completion: هو التجهيز الكامل لبئر النفط إما لإنتاج النفط أو لحقن السوائل، وأيضاً هو التقنية المستخدمة للتحكم في اتصال السوائل بالمكمن.

رأس البئر Wellhead: هو ذلك الجزء من البئر فوق سطح الأرض.

قابلية البلل Wettability: هي الدرجة النسبية التي ينتشر بها السائل (أو يغطي) فوق سطح صلب في وجود سوائل أخرى غير قابلة للامتزاج.

رقم قابلية البلل Wettability number: هو مقياس لدرجة أن صخر المكمن رطب بالماء أو رطب بالنفط، بناءً على منحنيات الضغط الشعري.

عكس قابلية البلل Wettability reversal: هو عكس قابلية البلل المفضل للسائل في صخر، على سبيل المثال من الماء الرطب إلى النفط الرطب، أو العكس.

الدولبة Wheeling: هي عملية نقل الطاقة الكهربائية بين البائع والمشتري عن طريق وسيلة أو مرافق وسيطة.

حصاد الشجرة الكاملة Whole-tree harvesting: هي طريقة حصاد يتم فيها إزالة الشجرة بأكملها (فوق الجذع).

مصلحة العمل Working interest: هي عبارة عن مصلحة في عقد إيجار للنفط والغاز يمنح صاحب المصلحة الحق في التنقيب عن النفط والغاز وإنتاجهما على الأرض المؤجرة، ويتطلب من المالك دفع حصة من تكاليف عمليات الحفر والإنتاج، وستكون الحصة من الإنتاج التي يحق لمالك المصلحة العاملة الحصول عليها دائماً أقل من حصة التكاليف التي يتعين على مالك المصلحة العاملة تحملها ، مع بقاء رصيد الإنتاج المتراكم على مالكي الإتاوات، ومن ثم فإن مالك حصة عمل بنسبة 100% في عقد إيجار مثقل بعبء ملكية مالك الأرض بنسبة 12.5 % سيُطلب منه دفع 100% من تكاليف البئر ولكن يحق له الاحتفاظ بنسبة 87.5% من الإنتاج.

صيانة الآبار Workover: هي العمليات التي يتم اجرائها على بئر منتجة للاستخلاص أو لزيادة الإنتاج.

Z

الزيوليت Zeolite: هو ألومينوسيليكات بلوري يستخدم كمحفز وله بنية كيميائية وفيزيائية معينة.

نبذة عن الكتاب

لا يدرك العديد من الاقتصاديين تركيبة الصناعة النفطية، ولهذا السبب فإنهم لا يدركون الوســائل التي يتم من خلالها تحديد الأســعار، ومن ناحية أخرى قد يكون الشخص الفني على دراية بالعمليات المستخدمة لاكتشاف النفط واستخراجه، ولكنه قد لا يكون على دراية بأسباب تقلبات الأسعار في سوق النفط الخام، ولا يمكنه تقدير السيناريو الكامل لتسعير النفط.

إن المبادئ الاقتصادية التي تشرح كيفية عمل اقتصاد الســوق، تميل إلى الانهيــار عند تطبيقها على موارد طبيعية من مثل النفط، وفي الواقع فإن هناك طريقتان لا تنطبق بهما مبادئ اقتصاديات الســوق على النفط الخام هما: (1) السعر الحالي للنفط ليس له تأثير فعلي في معدل اكتشافه و (2) قواعد العرض والطلب لا تصمد دائماً أمام النفط، إذ لا يؤدي ارتفاع سعر النفط الخام دائماً إلى زيادة إنتاجه.

وبعامة فإنه يتم تحديد تســعير النفط الخام سياســياً ويُعامل النفط الخام كســلعة، ومن ثم فإنه يتم تداوله من أجل الربح مــن قبل الشركات الخاصة والبلدان المُنتجة، ولطالما كان يُنظــر إلى النفط الخام على أنه خاضع للتفاعل الحر للقوى التنافسية، ولكنه يتأثر في الواقع بالاعتبارات السياسية.

قام بترجمة هذا الكتاب إلى اللغة العربية

د. عمار محمد سَلّو أحمد العبادي.

- بكالوريوس في الاقتصاد / قسم الاقتصاد / كلية الادارة والاقتصاد / جامعة الموصل 1989.
- ماجستير في العلوم الاقتصادية (اختصاص في اقتصاد النفط والطاقة) / قسم الاقتصاد / كلية الادارة والاقتصاد / جامعة الموصل 1997.
- دكتوراه فلسفة في الاقتصاد (اختصاص في اقتصاد النفط والموارد الناضبة) / قسم الاقتصاد / كلية الادارة والاقتصاد / جامعة الموصل 2006.
- باحث متخصص في اقتصاديات النفط والطاقة والموارد الناضبة، وله العديد من المؤلفات والمنشورات والبحوث في هذا الميدان.

ammaralabadey@gmail.com